

ÉRIE A, n° 1559.

N° D'ORDRE :

2425.

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

L. CHEVILLARD,

ASSISTANT AU COLLÈGE DE FRANCE

1^{re} Thèse : **Contribution à l'étude des échanges
respiratoires de la Souris blanche adulte.**

2^e Thèse : **Propositions données par la Faculté.**

Soutenues le 23 NOV 1935 devant la Commission d'Examen.

Président : MM. LAPICQUE.

Examineurs : { Robert LÉVY.
LAUGIER.

LONS-LE-SAUNIER

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE MAURICE DECLUME.

1935

SÉRIE A, n° 1559.

N° D'ORDRE :

2425.

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

L. CHEVILLARD,

ASSISTANT AU COLLÈGE DE FRANCE

1^{re} Thèse : **Contribution à l'étude des échanges
respiratoires de la Souris blanche adulte.**

2^e Thèse : **Propositions données par la Faculté.**

Soutenues le 1935 devant la Commission d'Examen.

Président : MM. LAPICQUE.

Examineurs : { Robert LÉVY.
LAUGIER.

LONS-LE-SAUNIER

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE MAURICE DECLUME.

1935

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen honoraire..... M. MOLLIARD.

Doyen..... C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

<i>Professeurs honoraires.</i>	H. LE CHATELIER.	E. GOURSAT.	DANGEARD.
	H. LEBESGUE.	WALLERANT.	JANET.
	A. FERNBACH.	GUILLET.	LESPIEAU.
	A. LEDUC.	PÉCHARD.	MARCHIS.
	ÉMILE PICARD.	FREUNDLER.	MOUTON.
	Rémy PERRIER.	AUGER.	
	LÉON BRILLOUIN.	BLAISE.	

PROFESSEURS

G BERTRAND.....	T Chimie biologique.	A. DUFOUR.....	T Physique (P.C.B.).
M. CAULLERY.....	T Zoologie (Evolution des êtres organisés).	L. DUNOYER.....	Optique appliquée.
G. URBAIN.....	T Chimie générale.	A. GUILLIERMOND.	T Botanique (P.C.B.).
Emile BOREL.....	T Calcul des probabilités et Physique mathém.	M. JAVILLIER.....	Chimie biologique.
Jean PERRIN.....	T Chimie physique.	L. JOLEAUD.....	Paléontologie.
H. ABRAHAM.....	T Physique.	ROBERT LÉVY.....	Zoologie.
E. CARTAN.....	T Géométrie supérieure.	F. PICARD.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
M. MOLLIARD.....	T Physiologie végétale.	Henri VILLAT.....	T Mécanique des fluides et applications.
L. LAPICQUE.....	T Physiologie générale.	Ch JACOB.....	T Géologie.
E. VESSIOT.....	T Mécanique analytique et Mécanique céleste	P. PASCAL.....	T Chimie minérale.
A. COTTON.....	T Recherches Physiques.	M. FRÉCHET.....	T Calcul des Probabilités et Physique mathématique.
J. DRACH.....	T Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	E. ESCLANGON.....	T Astronomie.
Charles FABRY.....	T Enseignement de Physique.	M ^{me} RAMART-LUCAS.	T Chimie organique.
Charles PÉREZ.....	T Zoologie.	H. BÉGHIN.....	T Mécanique physique et expérimentale.
Léon BERTRAND.....	T Géologie structurale et géologie appliquée.	FOCH.....	Mécanique expérimentale des fluides.
P. PORTIER.....	T Physiologie comparée.	PAUTHENIER.....	Physique (P.C.B.).
E. RABAUD.....	T Biologie expérimentale	DE BROGLIE.....	T Théories physiques.
M. GUICHARD.....	Chimie minérale.	CHRÉTIEN.....	Optique appliquée.
Paul MONTEL.....	T Théorie des fonctions et Théorie des transformations.	P. JOB.....	Chimie générale.
P. WINTREBERT.....	T Anatomie et histologie comparées.	LABROUSTE.....	Physique du Globe.
L. BLARINGHEM.....	T Botanique.	PRENANT.....	Zoologie.
O. DUBOSCQ.....	T Biologie maritime.	VILLEY.....	Mécanique physique et expérimentale.
G. JULIA.....	T Application de l'analyse à la Géométrie.	BOHN.....	Zoologie (P.C.B.).
C. MAUGUIN.....	T Minéralogie.	COMBES.....	Botanique.
A. MICHEL-LÉVY.....	Pétrographie.	GARNIER.....	Calcul différentiel.
H. BÉNARD.....	T Mécanique expérimentale des fluides.	PÉRÈS.....	Mécanique des fluides.
A. DENJOY.....	T Calcul différentiel et calcul intégral.	HACKSPILL.....	Chimie (P.C.B.).
L. LUTAUD.....	T Géographie physique et géologie dynamique.	LAUGIER.....	Physiologie générale.
Eugène BLOCH.....	T Physique théorique et physique céleste.	TOUSSAINT.....	Technique Aéronautique.
G. BRUHAT.....	Physique.	M. CURIE.....	Physique (P.C.B.).
E. DARMOIS.....	Physique.	G. RIBAUD.....	T Hautes températures.
A. DEBIERNE.....	T Radioactivité.	CHAZY.....	T Mécanique rationnelle.
		GAULT.....	Chimie (P.C.B.).
		CROZE.....	Physique.
		DUPONT.....	T Théories chimiques.
		LUNAINE.....	Géologie.
		VALIRON.....	Mathématiques.

Secrétaire..... A. PACAUD.

Secrétaire honoraire..... D. TOMBECK



A MON MAÎTRE

MONSIEUR LE PROFESSEUR ANDRÉ MAYER

Faible témoignage de ma respectueuse affection et de ma profonde reconnaissance.

Les recherches dont nous présentons les résultats ont été poursuivies dans le laboratoire de M. le Professeur André MAYER, Membre de l'Académie de Médecine ; qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance pour le bienveillant intérêt qu'il nous a toujours témoigné et qui nous a soutenu au cours de ce travail, pour ses encouragements et pour ses précieux conseils.

Nous tenons aussi à dire à nos amis MM. Th. CAHN et Jacques HOUGET combien nous ont servi les avis qu'ils nous ont donnés, nous les en remercions bien vivement.

Nous exprimons à MM. les Professeurs Louis LAPICQUE, Membre de l'Institut, Robert LÉVY et H. LAUGIER, notre gratitude pour les critiques très utiles dont ils ont bien voulu nous faire part.

Contribution à l'étude des échanges respiratoires de la Souris blanche adulte

INTRODUCTION.

- CHAPITRE I. -- Le Poids et ses variations,
- II. -- La Température corporelle et ses variations.
 - III. -- Technique expérimentale.
 - IV. -- La Thermogénèse et ses variations.
 - V. -- La Thermolyse et ses variations.
 - VI. -- Variations de Thermogénèse et de la Thermolyse chez la Souris sous l'influence de certains facteurs.
(tensions basses d'oxygène, tensions élevées de gaz carbonique, agents pharmacologiques, réchauffement).
 - VII. -- Thermorégulation et ses variations.
 - VIII. -- Généralité des faits observés sur la Souris. Variation de leur importance avec la taille de l'homéotherme.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

INTRODUCTION.

En dehors de son intérêt pratique immédiat, l'étude des dépenses énergétiques des homéothermes a le grand avantage de nous fournir une source de renseignements importants pour la physiologie comparée des espèces.

Mais pour que l'on puisse employer utilement les résultats d'une telle étude, il faut connaître les répercussions possibles de tous les facteurs qui influencent la dépense énergétique. On ne trouve pas dans les travaux antérieurs une étude systématique de ce genre. On ne possède que des données éparses difficiles à utiliser puisqu'établies sur des espèces homéothermes différentes. Il nous a semblé intéressant de déterminer chez une même espèce, l'influence des différents facteurs extérieurs sur la valeur de la dépense énergétique.

Il est évident que pour une étude de ce genre, les renseignements les plus utiles seront fournis par une espèce homéotherme se trouvant juste à la limite de l'échelle des tailles. Il y aurait aussi le plus grand intérêt à étudier une espèce se trouvant juste à la limite de l'homéothermie. On trouve dans les travaux antérieurs des indications montrant que la Souris ne présente pas une température interne absolument constante. De plus la Souris est un animal produisant beaucoup de chaleur mais, étant donnée sa masse, le volant calorique qu'elle représente en valeur absolue est faible. Ces facteurs la placent dans des conditions de thermorégulation très intéressantes à étudier.

C'est pour ces raisons, que nous avons entrepris sur la Souris blanche adulte une étude complète des dépenses énergétiques et des facteurs qui l'influencent.

Cette étude peut être abordée soit en déterminant les rations alimentaires, soit en examinant les valeurs des échanges respiratoires. Cette seconde méthode plus directe est aussi plus précise, et c'est elle que nous avons adoptée.

On sait qu'un animal se maintient homéotherme si sa production calorique (thermogénèse) est égale à sa déperdition (thermolyse), cette dernière étant en relation étroite avec la grandeur de la surface corporelle.

La déperdition calorique peut être réalisée par différents mécanismes : le rayonnement, la conduction et la convection que l'on réunit en général sous le terme de thermolyse sensible, et enfin l'évaporation d'eau, soit cutanée soit pulmonaire, que l'on désigne par le terme de thermolyse latente.

La thermolyse latente et la thermolyse sensible peuvent prendre des parts plus ou moins importantes dans la thermolyse totale et nous croyons indispensable de les déterminer dans une étude complète.

Les échanges respiratoires nous fournissent la thermogénèse et par suite la thermolyse totale si l'animal est resté homéotherme. On peut étudier facilement la thermolyse latente par la mesure de l'évaporation d'eau et la thermolyse sensible sera fournie par différence.

Notre étude a porté sur la thermogénèse et la thermolyse de la Souris. Nous en avons recherché les limites extrêmes, en examinant l'effet des divers facteurs extérieurs. Pour cela nous avons étudié successivement : l'influence de l'alimentation et du jeûne et sa répercussion sur le poids et la température corporelle de l'animal, puis les modifications apportées par le travail et l'agitation.

La petite taille de la Souris, donc sa grande surface relative, fait qu'elle est particulièrement sensible aux modifications de la température extérieure. Nous avons étudié les variations de sa thermogénèse et des différentes formes de sa thermolyse en fonction de la température extérieure.

Enfin nous avons recherché les facteurs qui peuvent donner le maximum et le minimum aussi bien pour la thermogénèse que pour la thermolyse : concentrations basses d'oxygène, concentrations croissantes de gaz carbonique, divers agents pharmacologiques.

Cet examen approfondi de tout ce qui touche la thermogénèse et la thermolyse chez une même espèce ayant nécessité un grand nombre d'animaux nous permet d'aborder avec des données nouvelles une étude intraspécifique des lois des tailles et des surfaces.

En effet, si la loi des surfaces commande réellement le métabolisme, elle doit être beaucoup plus rigoureuse à l'intérieur

d'une même espèce, là où il y a identité de forme et de fourrure.

Pour étudier correctement ces lois, il faut choisir une espèce qui soit susceptible de grosses variations de poids et de surface. C'est encore une des raisons pour lesquelles nous avons porté notre choix sur la Souris. Nous savons mieux que personne les critiques que l'on peut formuler à cet égard : c'est un animal vif, émotif, restant rarement en repos. Mais cette espèce se prête admirablement au but que nous poursuivons : nous trouvons en effet des Souris adultes dont le poids varie de 1 à 2,5.

Pour terminer notre travail, nous avons comparé nos résultats sur la Souris avec ceux déjà acquis sur des espèces différentes. Cette comparaison nous a permis d'examiner d'une part les effets de l'adaptation à une température déterminée sur la grandeur du métabolisme respiratoire, d'autre part d'étudier les valeurs extrêmes de la thermogénèse suivant la taille et les parts respectives des différentes formes de thermolyse chez les différentes espèces.

CHAPITRE I.

Le poids et ses variations chez la Souris blanche adulte.

Importance du poids.

Dans une étude biologique, les comparaisons inter et intra-spécifiques sont rendues possibles par le choix d'une unité commune à laquelle on rapporte les résultats : on peut utiliser par exemple le kilogramme d'animal.

Pour les animaux couramment étudiés, le poids est une valeur assez fixe, mais dès que l'on passe aux très petits animaux comme la Souris, les variations de poids deviennent très importantes, même pour un intervalle de temps court. Le présent chapitre est consacré à l'étude de ces variations.

La durée choisie pour une étude des variations du poids d'un animal ne peut être quelconque, il est nécessaire qu'elle corresponde à l'accomplissement intégral des phénomènes ayant trait aux travaux physiologiques importants. Ce temps dépend chez la Souris surtout de l'alimentation à laquelle est soumis l'animal, les repas découpant la vie de celui-ci en une série de cycles à peu près identiques les uns aux autres. Le renouvellement de la nourriture des Souris ayant lieu journellement, on a donc pris une période de 24 heures comme durée d'étude de la variation de poids. Une telle période aura en outre l'avantage de faire apparaître l'influence du rythme nycthémeral.

Variations du poids en fonction de la nutrition.

a) CONDITIONS EXPÉRIMENTALES.

Les mesures ont été faites à la température de 29-30° neutralité thermique de la Souris, déterminée par l'étude des

échanges gazeux (chapitre IV). Tous les animaux sont adultes et sont adaptés à cette température par un long séjour préalable.

Nous voulons insister particulièrement sur le point suivant : il est absolument impossible de faire des mesures correctes et particulièrement d'échanges respiratoires sur une Souris ayant de la vermine (puces), l'animal se grattant sans arrêt. Les Souris de notre élevage n'en avaient pas et quand une nouvelle pensionnaire arrivait de l'extérieur, nous l'en débarrassions soigneusement, nous avons pu ainsi après avoir arrosé le poil d'éther, retirer jusqu'à 8 à 10 puces par animal.

La litière dans la cage était constituée de papier filtre, nous avons rejeté le son habituellement employé puisque susceptible d'apporter de la vermine ou des parasites à nos animaux.

Les animaux vivent séparément dans une pièce à température constante et sont soumis à une vie régulière, nettoyage et repas à heure fixe, la nourriture est mise en grande abondance de façon que la Souris en ait toujours à sa disposition ; elle est composée de pain mouillé, de graines (blé) et de salade, et est renouvelée journallement à 15 heures, après nettoyage.

Les animaux s'adaptent parfaitement à ce genre de vie et maintiennent leur poids constant. On s'en aperçoit parfaitement si l'on vient à changer le rythme des repas : si au lieu de renouveler journallement la nourriture à 15 heures comme c'est l'habitude, on met dans la cage un excès de nourriture pouvant couvrir les besoins de plusieurs jours et que l'on pèse les animaux 48 heures après, ceux-ci n'ont pas maintenu leur poids constant, on constate toujours une baisse qui est en moyenne de 5 p. 100 (chiffres extrêmes 3,9 et 6,5 p. 100). Toute présence étrangère réagit vivement sur le comportement des Souris. Pour cette raison nous gardons nos animaux en sous-sol, loin de tout bruit, où ils ne sont dérangés qu'au moment des pesées et du nettoyage.

La lumière est produite par éclairage électrique de 8 à 19 heures. L'expérience dure 24 heures. Des mesures fréquentes troublant le rythme d'alimentation, les pesées sont faites toutes les 2 h. 1/2 ou 3 heures, soit 8 à 10 fois au cours de la période étudiée,

b) VARIATIONS DU POIDS EN 24 HEURES POUR UN ANIMAL NOURRI
ET VIVANT A 29°.

Comportement des animaux.

L'examen des résultats montre que si l'on prend les poids extrêmes trouvés au cours de 24 heures consécutives pour 4 Souris mâles de 22 à 26 g., disposant continuellement de nourriture et vivant à 29°, les variations de poids sont de 6 à 12 p. 100 (sur le poids maximum) suivant l'animal (courbe N° 1). Ces variations du simple au double chez les différents animaux s'expliquent par une différence d'activité et une prise de nourriture plus ou moins rapide dans les heures qui suivent son renouvellement.

En tenant compte des variations de poids dues aux échanges gazeux, à l'eau évaporée, à l'élimination des excréta (fèces et urine) on voit que la prise journalière de nourriture chez la Souris est de l'ordre de 15 p. 100 de son poids.

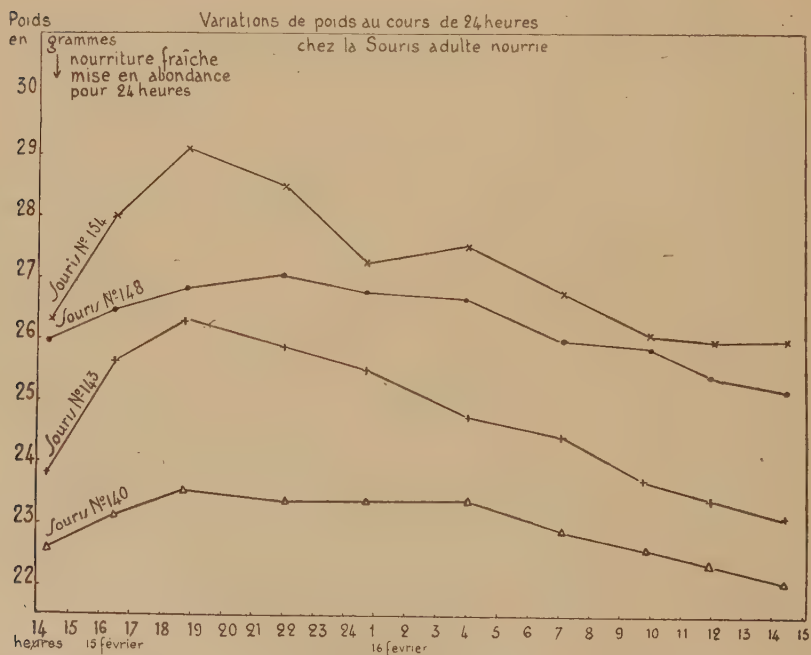
Variations de poids au cours de 24 heures (animal nourri).

N° des Souris	15 février			16 février		Variation en p. 100 du poids maximum
	Poids à 14 h. en g.	Poids maximum en g.	Variation en g.	Poids à 14 h. en g.	Variation en g.	
140...	22,61	23,52	+ 0,91	22,06	— 1,46	— 6,2
143...	23,81	26,31	+ 2,50	23,12	— 3,19	— 12,1
148...	25,97	27,02	+ 1,05	25,18	— 1,84	— 6,8
154...	26,32	29,12	+ 2,80	26,01	— 3,11	— 10,7

La variation de poids de ces animaux a été suivie une quinzaine de jours pendant les 4 à 5 heures qui suivent l'apport de nourriture fraîche ; en général pendant ce temps la prise de nourriture est notable et peut atteindre l'ordre des variations données dans le tableau précédent, mais on peut constater par divers recoupements, que l'alimentation prise dans ce temps ne suffit pas toujours à couvrir la quantité d'énergie que la Souris dépense normalement en 24 heures.

En effet, on a pu noter parfois, le lendemain à 9 heures du matin, un poids supérieur à celui de la veille après les 4 heures d'absorption de nourriture fraîche, l'animal s'est donc alimenté entre 19 h. et 9 h.

De l'examen des courbes, on peut donc se faire l'idée suivante de la manière dont s'alimente la Souris : l'animal adapté à des conditions de vie déterminées, prend un repas copieux dans les heures qui suivent l'apport de nourriture fraîche, (Souris N° 143) quelquefois ce repas atteint une valeur élevée (12 p. 100 environ du poids de l'animal), et alors la Souris vit sur ses réserves jusqu'au lendemain 15 heures ; mais dans le cas le plus général, l'animal, dès l'apport de nourriture fraîche s'alimente et dans les 4 heures qui suivent, son poids peut croître de 6 p. 100 (Souris N°s 140 et 148), puis il grignote de temps à autre pour maintenir son poids en palier jusqu'à une heure avancée de la nuit (4 heures du matin) vers cette heure il cesse toute prise de nourriture et reste en repos complet jusqu'au lendemain 15 heures où il recommence à nouveau son cycle avec l'apport de nourriture fraîche (Courbe N° 1).



COURBE N° 1.

De l'ensemble de ces observations, il semble que l'on puisse séparer nettement la vie de l'animal en deux périodes au cours des 24 heures consécutives : 1° une période d'activité qui correspond à celle de son alimentation, pendant laquelle on doit noter un accroissement dans toutes les valeurs mesurées, aussi bien du poids, que des échanges respiratoires, et de la température corporelle, etc... 2° une période de calme qui correspond au repos alimentaire et au sommeil.

ETUDE DU JEÛNE DE 24 HEURES AUX TEMPÉRATURES DE 29°
ET DE 20°.

L'étude du jeûne chez la Souris est assez délicate. Il est en effet difficile et quelque peu arbitraire de fixer le début du jeûne chez cet animal émotif et capricieux dans la manière de se nourrir.

L'étude du jeûne a commencé 4 à 5 heures après le renouvellement d'un repas ; elle a été faite à la température de 29° ; les animaux sont adaptés à cette température depuis un temps assez long, 15 jours à un mois.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur 6 Souris calmes. Les poids des animaux sont de 19,7 à 26,7 g., les pertes de poids en 24 heures sont très importantes : elles atteignent 2,51 à 2,96 g., ce qui représente une perte de 13,4 à 9,6 p. 100 du poids primitif.

Perte de poids d'animaux pendant un jeûne de 24 heures à 29°.

N° de la Souris	Poids animal nourri en g.	Perte de poids en g.	Perte en p. 100 sur animal nourri
146.....	19,71	2,65	— 13,4
142.....	21,41	2,72	— 12,7
140.....	23,08	2,60	— 11,25
140.....	23,83	2,78	— 11,65
143.....	25,81	2,96	— 11,5
148.....	26,78	2,51	— 9,61

Perte de poids d'animaux pendant un jeûne de 24 heures à 20°.

N° de la Souris	Poids animal nourri en g.	Variation de poids en g.	Variation en p. 100
130.....	19,63	3,25	16,55
127.....	20,91	3,15	14,9
122 (moyenne)..	23,76	3,15	13,25
119.....	29,32	3,12	10,65
119.....	34,00	3,15	9,65
128.....	39,21	3,49	8,90

Les échanges sont plus élevés à toute température différente de celle de la neutralité thermique. Si l'animal maintient aux températures basses sa température corporelle, il doit ou augmenter l'absorption d'aliments ou utiliser plus rapidement ses réserves. On conçoit donc que la durée de la survie dépende essentiellement de la température extérieure et ceci surtout chez des animaux de petite taille qui ont une surface de déperdition relativement importante. Ce sont les expériences de MAUREL, LARGUIER DES BANCELS et de L. et M. LAPICQUE qui ont fait apparaître les premières l'influence de la température extérieure sur la consommation alimentaire des animaux.

On a vu que des Souris de 19,7 à 26,7 g. perdent de 2,51 à 2,96 g. pour un jeûne de 24 heures à 29°.

La même étude répétée à 20° a donné pour 6 Souris de 19,6 à 39,2 g. des pertes de poids de 3,12 à 3,49 g.

On constate donc une consommation des réserves plus prononcée à 20° qu'à 29°.

Inanition — Survie.

TERROINE et BARTHÉLEMY ont étudié la chute de poids provoquée par l'inanition chez la Souris à deux températures différentes : 20-22° et à une température moyenne de 31° ; les pertes de poids sont sans relation stricte avec la température

extérieure. La survie est en moyenne dans le premier cas de 75 heures et dans le deuxième de 110 heures. Une étude parallèle des échanges respiratoires et de la perte de poids pour deux Souris, à la température de 21° nous ont donné (chapitre IV), pour l'une de 21,3 g. et soumise au jeûne complet une perte de poids de 24 p. 100 avec survie de 60 heures, pour l'autre de 40 g. au jeûne avec eau, une survie de 216 heures et une perte de 49 p. 100 de son poids. On voit que la Souris est très sensible au manque d'eau. LANDAUER signale en effet que la Souris meurt 10 fois plus vite de soif que de faim.

e) LOI DES TAILLES AU COURS DU JEÛNE CHEZ LA SOURIS.

L'étude d'un jeûne de 24 heures à 2 températures différentes 20° et 29° a fait apparaître pour la Souris, l'importance de la perte de poids. Cette perte de poids est fonction de la taille (1). En effet, si l'on calcule les pertes de poids relatives au cours du jeûne, soit à 20° soit à 29° on voit que celles-ci sont d'autant plus importantes que l'animal est plus petit.

à 20° : 16.55 p. 100 à 8.90 p. 100 pour des Souris de 19.63 à 39.21 g.
à 29° : 13.4 p. 100 à 9,6 p. 100 pour des Souris de 19.71 à 26.78 g.

D'autre part, la perte de poids est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la neutralité thermique vers les basses températures.

CONCLUSIONS.

Nous avons étudié chez la Souris blanche adulte les variations de poids au cours de l'alimentation. Les animaux adaptés à la température de la neutralité thermique (29°-30°) ont continuellement à leur disposition de la nourriture que l'on renouvelle tous les jours à 15 heures. Les déterminations de poids sont faites toutes les 3 heures. Dans ces conditions on voit que :

La Souris commence, en général, à se nourrir dès l'apport de nourriture fraîche (15 h.), elle atteint son poids maximum entre 21 et 24 heures, puis elle entre en état de repos alimentaire à partir de 4 heures du matin jusqu'au nouveau repas frais

(1) Dans tout le cours de notre travail nous prendrons la taille comme synonyme du mot poids.

(15 h.), la prise de nourriture se fait principalement la nuit.

Pour une température extérieure de 29°, les variations de poids, dues à l'alimentation, sont de l'ordre de 6 à 12 p. 100 du poids pour une Souris ayant constamment de la nourriture à sa disposition, et si l'on tient compte des pertes qu'entraînent les échanges pendant 24 heures, la prise de nourriture journalière atteint 15 p. 100 du poids de l'animal.

L'étude d'un jeûne de 24 heures, fait apparaître une loi des tailles, la perte relative de poids est d'autant plus élevée que la taille est plus petite.

La perte relative du poids au cours du jeûne est fonction de la température extérieure et est d'autant plus importante que la température est plus basse.

La mort par inanition est extrêmement rapide pour la Souris, elle survient d'autant plus vite que la température extérieure est plus basse. L'absorption d'eau prolonge notablement le temps de survie.

CHAPITRE II.

La température corporelle et ses variations chez la Souris blanche adulte.

Homéothermie.

Au point de vue thermique, on divise les êtres vivants en deux groupes : les homéothermes, qui ont une température propre, assez constante et indépendante de celle du milieu ; et les poïkilothermes, qui suivent au contraire dans certaines limites, les variations de la température extérieure.

Chez un même individu, homéotherme, la température n'est pas rigoureusement constante, elle n'est pas la même dans les différentes parties de l'organisme, elle présente de plus des variations rythmiques quotidiennes ou nycthémérales, on note enfin des écarts notables de la température centrale au cours du travail musculaire intense et des maladies...

De nombreuses mesures faites sur l'homme ont montré que s'il existe un rythme nycthéméral, on retrouve chaque jour à la même heure pour un individu donné une température identique. L'homme dispose d'un mécanisme régulateur lui permettant de lutter efficacement contre toutes les causes de refroidissement ou de réchauffement.

Si l'on descend dans l'échelle des tailles et que l'on examine les animaux de très petite taille comme le Rat ou la Souris, il semble que l'on doive donner au mot homéotherme un sens plus large.

Travaux antérieurs.

En 1912 GONGDON, en 1913 SUMNER ont fait des études sur la température corporelle en fonction de la température extérieure. GONGDON, après PEMBREY, signale que les Rats et Souris,

juste après la naissance ont une période de poïkilothermie plus ou moins complète, qui fait place dans un temps court à un contrôle assez parfait. Plus tard la précision de la thermorégulation croît jusqu'à un maximum dans la période de la maturité sexuelle ; pour des animaux plus âgés, en pleine possession de leur vigueur corporelle, cette précision décroît à nouveau.

SUMNER trouve que la température de la Souris augmente avec la température extérieure ; la variation de la température corporelle est de $0^{\circ}4$ pour une variation de la température extérieure de 13° à 31° . L'auteur remarque que : le fait le plus frappant pour une série de températures relevées chez ces animaux est la plus grande variabilité des chiffres. Différents animaux, sous des conditions identiques ont des températures corporelles variant de 1 à 2°C , de plus le même individu, en l'espace de quelques minutes, peut montrer des différences à peu près aussi grandes.

Une des principales causes de telles différences dans la température est le degré d'excitation ou d'agitation de l'animal.

Ainsi une comparaison entre deux lectures de températures, quand l'intervalle entre les deux était moins d'une heure, montrait une augmentation s'élevant environ à $1^{\circ}5$.

ASZODI tente de provoquer le sommeil hivernal chez la Souris et note une très grande labilité de sa température corporelle. Il pense qu'au froid les échanges croissent mais insuffisamment pour maintenir la température. L'auteur conclut que la régulation chimique ne peut plus jouer quand la température extérieure est suffisamment basse, la Souris ayant une possibilité extrêmement limitée pour maintenir sa température ; elle se comporte alors comme un poïkilotherme. Il faut faire toutefois certaines réserves quant à cette conclusion d'ASZODI. Les expériences ont été faites sur des Souris jeunes, de poids inférieur ou au plus égal à 17 g. à des températures extérieures basses et après des durées de jeûne variant de 8 à 23 heures, ce qui représente pour la Souris un jeûne prolongé, proche de l'inanition. Chez de tels animaux, la production calorique nécessaire pour maintenir l'homéothermie à ces températures extérieures basses, est très importante et fait que les réserves sont très rapidement épuisées ; par conséquent la Souris n'ayant plus aucune réserve à brûler ne peut couvrir ses dépenses et sa température corporelle baisse.

ABDERHALDEN et GELHORN constatent, « sans motif visi-

ble », une baisse de la température de la Souris. Les auteurs trouvent que la température corporelle varie de 40° à 33° lorsque la température extérieure passe de $37^{\circ}5$ à 3° . Pour ces auteurs, entre 17° et 27° , la température semble rester constante. A 32° l'hyperthermie semble être minime et disparaît en moins d'une heure ; à une température encore plus élevée, ils notent une hausse de température significative augmentant encore pendant l'expérience.

GIAJA, CHAHOVITCH et MALES dans leur étude sur les Rats et les Souris constatent « un abaissement de la température rectale de ces rongeurs à la suite d'un séjour à la température de la neutralité thermique (30°) et une diminution des échanges ».

Dans l'étude du développement de la régulation de la température chez la Souris, PINCUS, STERNE, DEROO et ENZMANN trouvent, chez les jeunes Souris, des changements rythmiques de la température. De son côté STIER, en évitant toute excitation dans le voisinage d'une jeune Souris constate des mouvements spontanés qui n'arrivent pas au hasard, mais avec une forme définie et en périodes régulières alternant avec des périodes de repos. La durée et la fréquence de ces périodes d'activité sont fonction de la température du corps. Pour l'auteur il semble que le centre régulateur de la chaleur soit le même que le centre contrôlant la périodicité des mouvements (1).

Recherches personnelles.

On peut se demander si les variations de la température de la Souris sont sous la dépendance d'un facteur comme la température extérieure ou l'état de nutrition, sur lequel il est possible d'agir, ou si la Souris, du fait de sa grande surface par rapport à sa masse, étant obligée de produire constamment une grande quantité de calories, ne posséderait pas un mécanisme assez sensible pour régler sa température. On pourrait aussi penser que la production de chaleur une fois déclanchée, ne s'arrêterait pas au moment voulu, et dépasserait la limite supérieure compatible avec le maintien d'une température fixe,

(1) Il est assez curieux de constater que tous les auteurs, sauf ASZODI GIAJA et ses collaborateurs — qui ont cherché l'influence de la température extérieure sur la température corporelle de la Souris n'aient fait aucune mesure d'échanges gazeux et que, réciproquement ceux qui ont cherché l'influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires n'aient pas prêté attention aux variations de la température corporelle. Nous avons cherché à compléter cette lacune.

le mécanisme régulateur ne se remettant en marche que pour une limite inférieure (1).

S'il en est ainsi, on doit pouvoir espérer trouver une température pour laquelle l'animal n'ayant plus à mettre en jeu ce mécanisme pour lutter contre le froid, ni contre le chaud, aurait une température corporelle constante. La température extérieure correspondante devrait alors être celle que l'on nomme « neutralité thermique ».

C'est pourquoi nous allons étudier dans ce chapitre, les variations de la température de la Souris en fonction de son état de nutrition, de différents facteurs extérieurs, enfin de la température ambiante.

Conditions des mesures.

La Souris est un animal extrêmement sensible à toute perturbation extérieure et pour lequel l'agitation marque un effet immédiat sur la température corporelle. Nous avons fait le choix d'une température extérieure pour laquelle toutes les manipulations pouvaient être faites facilement ; nous avons placé nos animaux dans une pièce maintenue à température constante : 18°. Cette température extérieure fixe permet d'éliminer une partie des facteurs ayant un rôle dans l'influence saisonnière.

Une étude de la température sur 24 heures consécutives permettra de suivre les variations dues au rythme nycthéméral.

La mesure de la température corporelle de la Souris est une opération délicate, l'animal étant petit, il faut effectuer la mesure avec un thermomètre assez fin, se mettant rapidement en équilibre. Nous avons arrêté notre choix sur celui qui est spécialement construit pour la Souris selon les indications du Professeur NICOLLE. L'introduction dans le rectum a été faite à longueur constante en ajustant un anneau de caoutchouc à 2,5 cm. du bout du réservoir, le diamètre de celui-ci étant de 1,8 mm.

Pour se placer dans les meilleures conditions, il faut opérer avec un animal calme, effectuer la mesure pendant le temps nécessaire et suffisant à la mise en équilibre du thermomètre. Si l'on dépasse ce temps, l'augmentation que l'on pourra noter sera due à l'agitation (visible ou non) ; c'est pourquoi nous avons cherché approxi-

(1) Nous avons noté quelquefois, après une hausse de température, une baisse au-dessous de la normale dans les minutes qui suivent.

mativement quel est le temps d'équilibre du thermomètre servant aux mesures.

Les résultats trouvés dans les différents cas sont les suivants :

eau à 38°	13 à 14 sec.
air saturé de vapeur d'eau à 38°.....	39 à 40 sec.
morceau de foie à 38°	17 à 18 sec.

Comme pour les mesures de température sur Souris, nous avons introduit le thermomètre à 2,5 cm. de profondeur dans l'eau et le foie, maintenus à température constante dans un vase de DEWAR-d'ARSONVAL. En adoptant 20 sec. comme temps de mesure, nous sommes certains d'avoir atteint l'équilibre de notre thermomètre.

L'ensemble des mesures qui suivent n'est qu'un résumé du résultat de plus de 2.000 mesures de températures corporelles.

Sans entrer dans le détail de toutes ces mesures, il semble utile d'en fixer toutes les étapes pour bien montrer toute l'importance des différents facteurs pouvant agir sur la température corporelle de la Souris.

Les animaux ont été sélectionnés et dressés au genre de mesure, les expériences relatées ont porté sur 4 mois, de septembre à janvier.

I. — IRRÉGULARITÉS DE LA TEMPÉRATURE DES SOURIS.

La température corporelle de la Souris est très irrégulière. Nous avons effectué de très nombreuses mesures de température sur cet animal.

Le début de cette étude a porté sur 12 Souris, dont les poids variaient de 17,5 à 27,1 g., les températures étaient prises journellement le matin en 9 et 9 h. 30.

Le tableau suivant résume les moyennes des températures relevées au cours de 3 périodes d'une semaine chacune.

Semaine du	130	133	134	136	137	138	142	143	144	146	147
25-30 sept. . .	37°40	36°65	37°65	37°50	37°10	37°25					
9-14 oct. . . .	36°65	36°50	37°85	37°40	36°60	37°55	36°10	38°60	37°20	36°15	36°10
16-20 oct. . . .		36°70	38°35	37°75	37°25	37°20	36°35	38°80	37°15	36°45	36°20

Les valeurs extrêmes trouvées sont données dans le second tableau. Pour l'ensemble des animaux elles sont de 35°25—39° soit une variation de 3°75; la variation maxima sur le même animal pendant cette même période a été de 2°25.

Semaine du	Nombre de Souris	Températures extrêmes mesurées	Variation extrême	Variation maximum sur même animal	Moyenne des extrêmes	Moyenne générale
25-30 sept...	6	36° -38°50	2°50	2°25	36°65-37°65	37°25
9-14 oct...	11	35°25-38°70	3°45	1°95	36°10-38°6	36°95
16-20 oct...	10	35°25-39°	3°75	2°	36°20-38°80	37°25

On constate aussi des variations presque instantanées de la température corporelle chez la Souris ; c'est ainsi que nous avons pu noter sur deux mesures espacées de 3 minutes une variation de 1°5. Il semble d'ailleurs que la labilité de la température corporelle soit fonction de la taille de la Souris.

Parmi les nombreuses Souris que nous avons manipulées à 21°, nous avons choisi deux animaux (nourris) qui se trouvent aux extrémités de l'échelle des tailles — et nous avons relevé les températures extrêmes notées au cours de nos manipulations. Les variations se rapportent à un intervalle de temps de quelques minutes. La température enregistrée comme la plus basse ne doit pas être considérée toutefois comme étant celle correspondant à la température minima dans le rythme nycthémeral — parce que celui-ci n'a pas été étudié sur ces animaux.

N° des Souris	Poids moyen en g.	Température minimum	Température maximum	Variation
128.....	39,4	36°7	38°1	1°4
127.....	20,7	37°	39°4	2°4

Nous voyons donc que la labilité de la température corporelle de la Souris est fonction de sa taille (1)., plus la Souris est petite plus la labilité est grande.

(1) L'expérimentateur acquiert d'ailleurs rapidement cette impression au cours des manipulations sans effectuer de mesures spéciales se rapportant à la labilité de la température.

II. — INFLUENCE DES CONDITIONS EXTÉRIEURES.

a) *Agitation et calme.*

La température des Souris dépend de leur état de calme ou d'agitation, or tout mouvement, tout bruit extérieur les agitent. Nous avons fait à ce sujet 3 séries d'observations.

1° Les mêmes Souris vivant dans une pièce proche d'un bâtiment ou des ouvriers menaient grand bruit, ou bien dans une pièce très calme, avaient une température plus élevée dans le premier cas.

2° Les observations faites pendant 4 mois sur des lots de Souris et sur lesquelles on notait et leur température et leur état de calme et d'agitation, ont montré l'influence de cet état.

Le tableau N° I résume un ensemble de mesures faites sur 14 Souris de poids différents entre 9 h. et 9 h. 30 du matin. Il apparaît nettement que toutes les températures élevées correspondent à des animaux agités et que parmi les minima notés, les plus élevés sont encore ceux d'animaux agités.

Le tableau N° II se rapporte aux mesures effectuées sur la Souris N° 130 durant 4 mois consécutifs.

Remarquons que pour la première semaine les valeurs sont nettement plus élevées, ceci est dû à l'adaptation de l'animal, au genre de mesures et au bruit dans le voisinage.

Pour les semaines suivantes, les variations durant une semaine sont au maximum de 1°3.

3° On peut expérimentalement reproduire à volonté : l'agitation ou le calme. Une expérience typique faite sur 4 Souris montrera combien une présence étrangère retentit sur l'état d'activité de l'animal et par suite sur la température corporelle.

4 Souris ont été examinées le 6 janvier après-midi.

L'expérience se décompose ainsi :

1° Quelques allées et venues, présence de l'observateur, nouvelle mesure 8 minutes après ;

2° Pièce calme, présence de l'observateur, nouvelle mesure 8 minutes après (16 minutes après le temps zéro).

TABLEAU I.

N° des Souris..	430	438	440	442	443	444	446	448	449	450	451	452	453	454
Poids des Souris en g.....	20,3	18,2	24,4	22,3	25,3	26,5	19,7	22,2	22,5	21,9	20,6	23,1	23,6	21,1
Temp. maxima.	38°5	38°4	39°	37°05	39°15	37°5	37°35	38°05	39°3	39°	38°	38°65	38°9	37°45
Temp. minima.	35°1	35°7	35°1	35°05	37°10	35°6	35°3	35°35	36°75	36°2	35°45	37°20	37°35	35°50
Variation.....	3°4	2°7	3°9	2°	2°05	1°9	2°05	2°7	2°55	2°8	2°85	1°45	1°55	1°65
Nombre de me- sures.....	32	38	27	31	31	31	34	17	17	17	17	16	16	17
Observations...			agitée au début et puis calme		agitée				agitée	un peu agitée		agitée	agitée	

TABLEAU II.

Souris n° 130 (19,6 g.).

25 Sept.	36,95	9 Oct.	36,25	27 Nov.	36,40	4 Déc.	37	8 Janv.	36,3	15 Janv.	35,30
26 —	36,25	10 —	36,90	28 —	35,70	5 —	37	9 —	—	16 —	35,85
27 —	37,05	11 —	37,15	29 —	36,20	6 —	36,9	10 —	36	17 —	36,50
28 —	38,05	12 —	37,25	30 —	36	7 —	36,6	11 —	35,1	18 —	35,80
29 —	37,50	13 —	36,30	1 Déc.	35,60	8 —	36,4	12 —	35,6	24 —	36,60
30 —	38,50	14 —	36,05	2 —	35,40	9 —	35,95	13 —	35,5	27 —	36,40
Moyenne	37,38		36,65		35,88		36,64		35,70		36,09
Var. max.	2°25		1°2		1°		1°05		1°2		1°3

Variation maxima sur 4 mois : 38°5 — 35°1 soit 3°4.

3° Sortie de l'observateur, pièce absolument calme, mesure 34 minutes après (50 minutes après le temps zéro).

4° Allées et venues fréquentes (lecture 60 minutes après le début).

5° Pièce calme obscurité (lecture 106 minutes après le début).

Le tableau suivant résume les mesures.

Temps en minutes	N° de la Souris								Observations
	130		144		148		151		
	Température corporelle	Variation	Température	Variation	Température	Variation	Température	Variation	
0.....	35°7	+1°5	35°7	+1°3	36°5	+1°8	36°1	+0°85	allées et venues.
8.....	37°2		37°		38°3		36°95		
16.....	37°1	-0°1	+0°45	+0°15	+0°40	—	—		
		-0°45	-0°55	-0°45	-0°55	calme			
50.....	36°65	+1°15	36°9	+0°5	38°	+0°6	36°8	+0°45	allées et venues fréquentes.
60.....	37°8		37°4		38°6		37°25		
		-1°4	-0°6	-1°4	-0°15	calme et obscu- rité.			
106.....	36°4		36°8		37°2		37°1		
Var. du temps 0 à 60'...		+2°1		+1°7		+2°1		+1°15	

Par ce tableau, nous voyons qu'en 8 minutes la température de la Souris peut s'élever de 1°8 (N° 148) par le simple fait des manipulations et de la présence d'un observateur dans la pièce où se trouve l'animal.

Les réactions sont plus ou moins marquées suivant l'animal, mais elle sont toutes dans le même sens.

La lecture de température faite quelques minutes après un passage brusque de l'obscurité à la lumière (artificielle) semble se marquer par une augmentation.

TABLEAU IV.

Température moyenne extérieure : 29°.

N° des Souris	140	142	146	148	151	154
8 Janvier	36°9	34°9	36°05	37°	35°2	37°4
9 —	37°3	36°	36°5	36°6	36°1	36°
10 —	37°3	35°7		36°6	35°5	37°3
11 —	36°5	35°55	36°75	37°	36°2	36°35
12 —	36°4	35°5	36°6	37°	35°4	36°5
13 —	36°9	35°5	36°2	37°	34°8	35°7
Moyenne.....	36°88	35°52	36°42	36°87	35°53	36°54
Moyenne générale : 36°29						
Variations sur les moyennes 17°5-29°...	+0°77	+0°25	+0°62	+0°40	+0°13	+0°27
Sur la moy. générale.	+0°40					

Nous avons vu que la température de la Souris peut varier notablement en un temps très court. Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier la labilité de la température corporelle en fonction de la température extérieure, nous l'avons fait pour les températures de 18° et 29°, les autres conditions extérieures étant les mêmes. Le tableau suivant donne la marche de variation de la température en fonction du temps.

Souris n° 143 (25,4 g.).

Température extérieure : 18°

29°

Temps en minutes	Température corporelle	Variation	Temps en minutes	Température corporelle	Variation
0	35°9		0	36°45	
		+ 1°4			+ 1°35
46	37°3		42	37°8	
		+ 0°2			+ 0°4
80	37°5		85	38°2	
		— 0°2			— 0°1
97 } obscurité	37°3		102 } obscurité	38°1	
		— 0°8			— 0°6
138 }	36°5		142 }	37°6	

D'après ce tableau, il semble que la labilité de la température corporelle de la Souris soit la même à 18° qu'à 29°.

III. — INFLUENCE DE L'ÉTAT DE NUTRITION.

a) Repas.

Nous verrons plus loin dans l'étude du rythme nycthémeral que la température interne de la Souris augmente au moment des repas, ce moment correspond à un état d'agitation de l'animal.

b) Influence du jeûne.

Jeûne de 24 heures. — L'étude du jeûne chez la Souris (chapitre I) a montré que : la consommation des réserves est extrêmement rapide et croît d'autant plus que la température extérieure est plus basse.

Il nous a été possible de noter sur 7 Souris, parallèlement aux variations de poids, les variations de température corporelle. Les mesures ont été faites entre 9 et 10 heures du matin. Pour être plus précis, nous avons calculé la variation de température par rapport à la valeur moyenne déterminée à la même heure pendant une période de 6 jours consécutifs sur les mêmes animaux nourris.

Influence du jeûne à 29°.

N° des Souris	Poids animal nourri en g.	Température le 25/1 animal nourri	Température moy. de 6 jours animal nourri	Température le 26/1 après 22 h. de jeûne	Variation sur la moyenne
140.....	23,83	36°4	36°90	33°35	— 3°55
142.....	22,65	35°5	35°50	33°9	— 2°60
143.....	26,66	36°25	36°40	32°95	— 3°45
146.....	19,03	36°35	36°40	35°1 agité	— 1°40
148.....	26,72	37°1	36°85	34°	— 2°85
151.....	21,95	35°15	35°55	32°4	— 3°15
154.....	25,51	37° agité	36°55	32°6	— 3°95

On se rappelle qu'un jeûne de 24 heures à 29° provoque en moyenne une baisse de 12 p. 100 du poids de l'animal, nous voyons qu'un jeûne de 22 heures place l'animal en hypothermie notable, la variation moyenne est de 3°.

CHOSSAT travaillant sur des oiseaux, trouve au cours de l'inanition une baisse lente et progressive de la température, mais beaucoup plus accentuée la nuit que le jour. D'après lui « le refroidissement inanitial » est en moyenne 6 fois plus fort pendant la nuit que pendant le jour ; pendant le jour la baisse est de 0°74 pendant la nuit elle atteint 3°28, il s'agit ici d'animaux ayant leur température minima à minuit.

Si le phénomène observé par CHOSSAT est général, la baisse de température que nous notons au cours du jeûne serait la baisse maximum pour 24 heures de jeûne, puisque la température de nos Souris est mesurée au moment du minimum dans le rythme nycthémeral. Si les mesures étaient faites dans une autre période, la variation de température pourrait être sensiblement moins accentuée, quoique encore notable cependant.

Inanition prolongée. — Le jeûne complet et prolongé place rapidement la Souris en hypothermie. L'animal atteint assez rapidement une température voisine de celle de l'atmosphère environnante et se maintient en vie à ce niveau une trentaine d'heures. On peut par un jeûne avec eau, maintenir la température normale un temps beaucoup plus long. Une Souris dont le poids normal était de 39.8 g. a maintenu son homéothermie (relative) jusqu'à la 130^e heure de jeûne — après ce temps la température marquait de brusques oscillations suivant son état d'agitation ; vers la 210^e heure, elle a atteint la température ambiante (22°).

IV. — RYTHME NYCTHÉMÉRAL.

Au début de nos recherches, nous prenions la température des Souris 3 fois par jour à 9, 14 et 19 heures. L'ensemble de ces mesures faisant apparaître une variation au cours de la journée, dans le sens d'une baisse ou égalité à 14 heures et d'une élévation à 19 heures, il nous a paru utile de suivre le rythme nycthémeral de la température de la Souris. Les animaux étudiés étaient adaptés au genre de vie (nettoyage, nourriture fraîche à 15 heures) depuis le 1^{er} septembre.

Deux séries de mesures ont été effectuées le 26-27 septembre sur 8 Souris à une température moyenne de 16°5 ; et le 5-6

janvier sur 7 Souris à une température moyenne de 17°5. Il n'a été porté dans les tableaux et sur les courbes que les résultats des 9 animaux qui se sont montrés assez calmes pendant les mesures.

En règle générale, la température est maxima entre 19 et 24 heures et est minima vers 9 heures du matin. On entrevoit dans l'expérience du 26-27 septembre un arrêt dans la baisse de température vers 5 heures du matin, moment qui correspond avec l'apparition du jour.

Nous avons d'ailleurs retrouvé ce phénomène avec des animaux placés dans un endroit obscur, la lumière du jour était produite au moyen d'éclairage électrique, la température notée au moment de la lumière paraît être plus élevée.

L'expérience du 26-27 septembre a été faite dans une pièce éclairée naturellement, celle du 5-6 janvier a été faite dans une cave isolée de tout bruit, où la lumière est artificielle (Tableau N° V, courbe N° 2). Les animaux y ont été mis le 4 janvier vers 17 heures, la lumière éteinte à 19 heures a été donnée le 5 janvier à 9 heures jusqu'à 18 h. 45, l'obscurité a été maintenue jusqu'à 8 heures le 6 janvier, de 8 heures à 8 h.50 lumière rouge à 8 h. 50 lumière blanche.

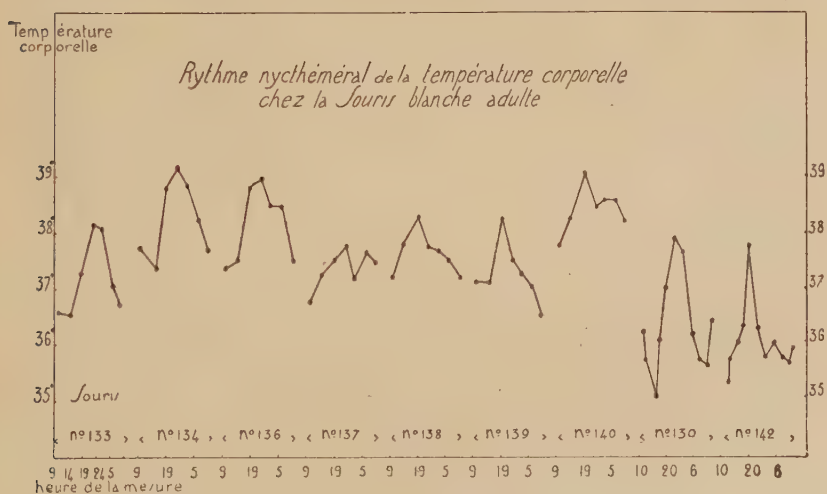
TABLEAU V.

Expérience du 25-26 septembre.

	N° de la Souris	133	134	136	137	138	139	140
	Poids en g.	25,3	21,5	20,9	17,5	18,2	24,5	24,1
Nourriture..	Heure de la mesure							
	9 h. ,30	36,6	37,75	37,4	36,75	37,2	37,1	37,8
	14 h. ,45	36,55	37,35	37,5	37,2	37,8	37,1	38,25
	18 h. ,45	37,25	38,8	38,85	37,5	38,3	38,3	39,1
	22 h. ,30	38,15	39,2	39	37,75	37,75	37,5	38,5
	1 h. ,50	38,1	38,85	38,5	37,15	37,7	37,25	38,6
	5 h. ,30	37,05	38,25	38,5	37,65	37,5	37	38,6
	8 h. ,30	36,7	37,7	37,5	37,5	37,2	36,5	38,2
	Ecart maxima..	1,6	1,85	1,6	1	1,1	1,8	1,3

TABLEAU V (suite).
Expérience du 5-6 janvier.

	N° de la souris	130	142
	Poids en g.		
	Heure de la mesure		
	10 h., 20	36°2	35°3
	11 h., 30	35°7	35°7
	14 h., 30	35°1	36°
Nourriture.....	16 h., 35	36°1	37°3
	18 h., 35	37°	37°7
	21 h., 40	37°9	36°25
	0 h., 40	37°65	35°7
	3 h., 40	36°15	36°
	6 h., 40	35°7	35°7
	8 h., 50	35°6	35°65
	10 h., 20	36°4	35°9
	Ecart max.	2°8	2°4



COURBE N° 2.

Les courbes montrent toutes un maximum de température le soir (19-24 heures) ce qui correspond d'ailleurs au moment où l'animal se nourrit (chapitre I). Peut-on penser que cette élévation de température soit uniquement due à la digestion ? Des expériences faites sur d'autres espèces ont montré (spécialement chez l'homme) que le repas du soir n'interrompt pas la baisse de la température corporelle ; d'autre part, on a constaté même chez les animaux au jeûne un rythme nycthéral. Il semble donc plutôt que ce rythme soit dû aux moments de repos et d'activité qui coïncident avec les alternances de jour et de nuit.

D'ailleurs GALBRAITH et SIMPSON dans leur étude sur le Hibou, oiseau nocturne et sur de nombreuses espèces différentes, ont montré que la courbe journalière de température ne dépend pas du jour et de la nuit, mais est fonction des périodes de repos et d'activité. Pour le Hibou, animal à activité nocturne, la courbe montre une ondulation inverse de celle trouvée pour les autres oiseaux.

CONCLUSIONS.

La Souris est un animal excitable et craintif, il est nécessaire, pour faire des mesures ayant une signification de faire une sélection parmi un groupe d'animaux et de n'utiliser que ceux qui conservent un calme apparent dans des conditions bien déterminées.

La Souris est à l'extrême limite des homéothermes, sa température corporelle ne peut être définie avec précision une fois pour toutes et varie extrêmement vite avec les conditions extérieures : température, bruit ou silence, présence étrangère, lumière ou obscurité, heure d'alimentation. Nous avons noté des variations de 1°5 en 3 minutes, et chez le même animal, une marge de variation de 3°6, marge qui peut être encore supérieure si l'on compare diverses Souris.

Si toutes les conditions sont prises (animaux dressés) ; on peut arriver aux conclusions suivantes :

La température de la Souris calme prise au réveil (minimum) est sensiblement plus basse que la température des autres homéothermes, à 17°5, la moyenne trouvée a été de 35°9.

La température extérieure marque son influence sur la température de la Souris, à 30° la moyenne est de 36°3 soit une augmentation de 0°4 pour une variation de 12° extérieurs.

A une même température extérieure, la présence d'un observateur, les allées et venues, les mesures provoquent une rapide ascension de la température corporelle de la Souris qui peut atteindre plusieurs degrés en quelques minutes. Il semble que cette labilité de la température, provoquée par l'émotivité et l'agitation soit sensiblement la même quelle que soit cette température extérieure. Ceci n'est d'ailleurs possible que lorsque la thermogénèse de l'animal calme n'a pas atteint sa puissance maxima ce qui serait le cas pour une température extérieure basse.

La labilité de la température corporelle est fonction de la taille et est d'autant plus importante que l'animal est plus petit. Ces résultats sont en accord avec ceux de GALBRAITH et SIMPSON sur différentes espèces d'oiseaux.

L'étude du rythme nycthéméral de la température fait apparaître un maximum dans la soirée entre 21 et 24 heures et un minimum entre 9 et 12 heures, ces moments correspondant respectivement aux périodes d'activité (alimentation) et de repos de l'animal.

Même à une température extérieure de 29° pour laquelle la thermogénèse est minima, la Souris ne supporte pas un jeûne prolongé : 22 heures de jeûne complet provoquent déjà une hypothermie de l'ordre de 3°. Au cours d'un jeûne prolongé et complet, la température corporelle de la Souris décroît rapidement et atteint très vite la température extérieure (21°), elle se maintient à ce niveau une trentaine d'heures.

Cette extrême labilité montre combien il est difficile de manipuler cet animal et explique les valeurs si différentes que l'on trouve dans la littérature des échanges gazeux de la Souris.

La Souris est à l'extrême limite de l'homéothermie ; la précision et la rapidité de ses mécanismes thermorégulateurs sont loin d'être parfaits.

CHAPITRE III.

Technique expérimentale.

Il faut de suite signaler les difficultés techniques que l'on rencontre dans une étude correcte des échanges respiratoires et de l'émission d'eau chez la Souris. Si l'on veut étudier la chaleur dégagée ou les échanges de la Souris, il faut éliminer toutes les expériences dans lesquelles celle-ci ne reste pas en repos, si l'on veut étudier la sortie d'eau évaporée il faut rejeter toutes celles où il y a évacuation d'urine, d'où un grand déchet parmi les expériences. A la vérité on peut atténuer ce déchet par une sorte de dressage préalable : si plusieurs jours de suite on place l'animal dans les circonstances mêmes où il se trouvera au moment où l'on expérimentera sur lui, l'excitation due à un milieu nouveau s'atténue et l'animal devient de plus en plus tranquille ; cependant sur un lot de Souris on en trouvera toujours un certain nombre qu'il est impossible de dresser, qui présenteront toujours de l'agitation, on devra les rejeter définitivement. Mais la définition même « du repos » est arbitraire, c'est une impression de l'observateur qui reconnaît un certain état de tranquillité de l'animal qui parfois peut durer une heure. Si l'on n'est pas averti des difficultés inhérentes à l'étude de la Souris, on peut faire des mesures qui donneront des résultats extrêmement différents les uns des autres, aussi ne faut-il pas s'étonner, si les valeurs que l'on rencontre dans les différents travaux ne concordent pas du tout.

D'autre part, une étude interspécifique exige des conditions communes de mesure pour toutes les espèces et pour ce genre de recherches on applique généralement celles du métabolisme basal. Ces conditions ne doivent d'ailleurs pas être égales en valeur absolue : il faut que la durée de la mesure et celle du

jeûne préalable soient proportionnées à la taille de l'animal. Il semble malheureusement que l'on oublie un peu trop souvent cette remarque dans les études comparatives.

Pour que nos résultats soient directement comparables à ceux des autres auteurs, nous aurions dû, dans notre étude de la loi des tailles et des surfaces chez la Souris, nous placer dans les conditions du métabolisme de base de cet animal.

Il est presque inutile après les deux premiers chapitres de faire remarquer combien une telle exigence est insoutenable : l'incertitude dans la fixation du début du jeûne, l'animal effectuant sa prise de nourriture pendant un laps de temps plus ou moins long, la rapide décroissance du poids dans les toutes premières heures du jeûne, l'hypothermie marquée, rendent pratiquement impossible d'expérimenter avec confiance sur une Souris au jeûne. Nous avons vu aussi combien la température interne de la Souris variait rapidement même à la température de la neutralité thermique. Cette variation de température est le test d'une variation importante de la dépense énergétique de l'animal et il est bien évident qu'en valeur relative cette variation est beaucoup plus sensible à la neutralité thermique pour laquelle les échanges sont minima.

Comme notre ambition se borne à vérifier à l'intérieur d'une même espèce la validité des lois des tailles et des surfaces nous nous croyons autorisés à choisir les conditions expérimentales les meilleures pour des mesures correctes.

C'est pourquoi nous avons choisi une température extérieure commode à réaliser (20-21°) dans un climat tempéré, voisine de celle à laquelle les animaux vivent et pour laquelle il sont déjà adaptés.

Nous avons expérimenté sur la Souris en état de repos alimentaire, c'est-à-dire pendant la période du minimum de poids au cours du rythme nyctéméral.

L'ensemble des observations sur les échanges gazeux de la Souris a comporté plus de mille expériences, les conditions expérimentales ont été dans la plupart des cas celles données précédemment, sauf dans les cas où le but à atteindre exigeait des conditions autres. Il n'a été conservé que les expériences paraissant tout à fait valables, c'est-à-dire d'une part celles où l'animal, sous l'œil de l'observateur, était resté tranquille pendant la durée de l'expérience, d'autre part celles pendant lesquelles il ne s'était produit aucune évacuation d'urine, puisque nous proposons d'étudier l'émission d'eau parallèlement aux échanges respiratoires.

Les expériences ont porté sur des Souris blanches élevées au laboratoire et dans la plupart des cas sur des Souris mâles pour éliminer toute influence du cycle œstral.

Les animaux vivaient isolément dans des cages spéciales à une température de 17-18°, dans une clarté moyenne et étaient nourris régulièrement à heure fixe (15 heures), on leur donnait des grains de blé, du pain mouillé et de la salade, le tout en abondance de façon à ce que l'animal ait toujours de la nourriture à sa disposition.

Conditions générales des expériences.

a) DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL.

Nous avons utilisé la méthode en circuit ouvert de HALDANE. La méthode, déjà décrite par HALDANE, modifiée par PEMBREY, HÉDON, TERROINE, KAYSER, A. MAYER et NICHITA, ne sera pas à nouveau décrite dans son principe.

L'inconvénient de cette méthode est de ne donner la valeur de l'oxygène consommé qu'indirectement, par deux pesées de l'enceinte où se trouve l'animal, au début et à la fin de l'expérience. Mais les résultats que nous avons obtenus par cette méthode, ont toujours été très semblables à ceux que nous donnèrent les expériences où nous utilisions la méthode de confinement.

L'air à son entrée, est purifié du gaz carbonique et de l'eau qu'il contient par passage dans des tubes en U contenant soit de la soude granulée, soit de la déhydrite (perchlorate de magnésium trihydraté, qui joue le rôle de déshydratant). Des tampons d'ouate placés aux arrivées et sorties de tubes arrêtent les poussières de soude et de déhydrite susceptibles d'être entraînées.

Avant le récipient qui contient l'animal nous plaçons deux absorbeurs à gaz carbonique et deux absorbeurs d'eau, les derniers de ces tubes servent de témoin. Le récipient où est placé l'animal est de petite taille et en verre très mince ; l'ensemble, avec thermomètre, caoutchouc et animal, n'excède pas 150 grammes. On peut donc faire les pesées sur une balance de CURIE au 1/10 de milligramme (voir fig. I).

Le récipient dont le volume est de 300 cm³ environ, est muni d'un rodage. Dans le bouchon rodé sont aménagées trois tubulures : l'une livrant passage à un thermomètre donnant la tem-

pérature à laquelle l'animal est soumis (la lecture de température peut être faite au $1/10^{\circ}$ de degré), la seconde amenant l'air juste en haut du rodage, et la dernière allant au fond de la cage sert de tube de sortie.



FIGURE I.

La température du récipient est maintenue constante grâce à une lampe avoisinante que l'on allume ou éteint suivant les besoins.

La ventilation mesurée au début de l'expérience par un compteur à gaz placé en amont du récipient contenant l'animal, est assurée par aspiration à la trompe à eau et réglée par une vis à pointeau. Elle est de 25 à 30 litres par heure, soit

environ 100 fois le volume de l'enceinte. Cette vitesse a été choisie d'une part comme permettant l'entraînement rapide du gaz carbonique et de l'eau (il ne se fait pas de condensation sur les parois de l'enceinte) et d'autre part comme n'apportant pas pratiquement de changement au métabolisme de l'animal. Un flacon-tampon prévient les à-coups de la trompe à eau et noie un retour d'eau possible.

A la suite du récipient, nous plaçons deux tubes de déhydrite, deux tubes de soude et enfin deux tubes de déhydrite, ces deux derniers servant à absorber l'eau fournie par l'absorption du gaz carbonique. En effet l'équation de la réaction ; $\text{CO}^2 + 2 \text{NaOH} = \text{CO}^3\text{Na}^2 + \text{H}^2\text{O}$ montre qu'il se forme de l'eau au cours de l'absorption du gaz carbonique.

Dans certains cas la quantité de cette eau n'est pas négligeable, par exemple : dans le cas de très faibles absorptions de gaz carbonique, l'eau arrêtée par la déhydrite représente 35 à 70 p. 100 du poids du gaz carbonique absorbé. En général le pourcentage d'eau ainsi retenu est de 14 p. 100. Naturellement les seconds tubes de chaque série servent de témoin de l'absorption, complète.

b) DURÉE DES EXPÉRIENCES.

La durée des expériences a été limitée en moyenne à une heure, temps convenable et suffisant pour effectuer une bonne mesure.

Cette durée a paru être la plus longue qu'on pût choisir pour que les Souris conservent leur tranquillité et n'urinent pas en cours d'expérience.

c) TEMPÉRATURE DU MILIEU.

La température du lieu où vivent les Souris est de 17 à 18°, celle du laboratoire environ 18°-19° ; dans l'enceinte où se fait l'expérience, l'animal rayonne et chauffe l'air environnant, le passage d'air assure une régulation et porte l'atmosphère environnant l'animal à une température moyenne de 20-21°.

Il est absolument nécessaire d'élever et d'entretenir les animaux, à une température aussi voisine que possible de la température à laquelle seront faites les déterminations, afin que l'animal soit adapté à cette température. On peut constater en

effet, si cette précaution n'est pas prise, des variations considérables de la thermogénèse et de la thermolyse.

C'est ainsi qu'ayant fait des mesures successives à 30° sur des animaux élevés à 18°, nous avons vu au cours de l'adaptation la thermogénèse diminuer de 30 p. 100 et la thermolyse latente de près de 50 p. 100.

d) TEMPÉRATURE DE LA SOURIS.

Nous n'avons opéré que sur des Souris dont la température moyenne ne différait pas trop de la normale.

Les températures des Souris que nous donnons sont sans aucun doute supérieures à celle de l'animal pendant l'expérience, puisque la manipulation des animaux élève leur température comme nous l'avons dit.

On trouve dans les tableaux généraux la température moyenne de la Souris, cette moyenne étant établie par deux déterminations de température au début et deux à la fin de chaque expérience.

La moyenne des différentes valeurs données dans les tableaux est de 38°1. Les variations oscillent entre 37°5 et 39° ; valeurs extrêmes rencontrées couramment.

e) CHOIX DES ANIMAUX.

Les mesures ont été effectuées sur des animaux adultes de 17,5 à 40 grammes, la majeure partie des Souris pesait de 22 à 27 grammes. Nous avons voulu prendre des cas extrêmes pour élargir le champ de notre étude, mais les animaux dépassant 30 grammes sont assez rares et nous n'avons eu à notre disposition que 3 animaux de 33, 35 et 40 grammes.

Conduite d'une expérience.

Le récipient contenant l'animal, propre et sec est à la température du laboratoire. Les tubes absorbants mis à la pression atmosphérique sont pesés.

Avant l'introduction de l'animal dans le récipient, on prend sa température.

L'animal est pesé dans un petit gobelet. La Souris est ensuite introduite dans l'appareil.

La température du récipient est notée, c'est celle à laquelle a été effectuée la pesée.

Les tubes absorbants étant disposés, on intercale l'appareil à sa place, la ventilation vérifiée au compteur est réglée à 25-30 litres à l'heure.

Pendant toute la durée de l'expérience, en général une heure, un observateur est placé à côté du récipient, il notera à chaque instant l'état de l'animal et maintiendra une température constante dans la cage.

L'expérience terminée on cesse le passage d'air, l'appareil est détaché et remis à la pression atmosphérique, on le pèse aussitôt, on note la température, on retire l'animal du récipient, on prend sa température et on le pèse à nouveau.

Les tubes absorbants sont laissés 20 minutes à la température du laboratoire et rétablis à la pression atmosphérique avant la pesée.

Les durées expérimentales n'excédant pas une heure les variations de la pression atmosphérique ont pu être négligées pendant la manipulation.

Nous nous sommes efforcés dans la mesure où cela était possible d'effectuer les pesées du récipient à la même température au départ et à la fin de l'expérience, de toute façon la température est notée dans les deux cas et connaissant le volume d'air enfermé dans le récipient, la correction à apporter aux pesées est faite, quand cela est nécessaire (1).

Calcul des résultats.

A quelle unité doit-on rapporter les résultats ?

3 calculs sont possibles ; nous avons, dans certains cas, fait ces 3 calculs.

1° par animal et par heure,

2° par unité de poids et de temps (kilogramme-heure k-h)

3° par unité de surface (dm^2).

Le calcul par rapport à la surface a été fait pour montrer l'influence de la surface sur la production calorique à une tem-

(1) Un calcul simple permet d'apprécier l'erreur qui peut provenir des variations de pression, température, surtout pour les valeurs de CO_2 et d'eau que nous sommes susceptibles de peser (de l'ordre de 1 à 2 décigrammes) ; pour une masse gazeuse de 300 cm^3 pesée à 20° ou 21° , soit 1° d'écart ; la correction à apporter sur la pesée de la cage est de 1,2 mg.

pérature autre que celle de la neutralité thermique (30° environ pour la Souris). La surface a été calculée par la formule de MEEH en utilisant la constante donnée par GIAJA, $k = 7.87$. Mais le calcul a été fait principalement par kg-h., qui est en général le mode de calcul adopté.

Valeur de la méthode.

Nous voulons indiquer immédiatement la précision que nous pouvons attendre de notre méthode.

Dans les deux tableaux qui suivent nous donnons les valeurs d'oxygène consommé et les quotiens respiratoires d'animaux calmes au cours des mesures.

N° 41. Animal calme 24,18 g.

Expériences faites l'après-midi.

Date	O ₂ kg.-h. en g.	Q.R.
7 septembre	7,45	0,77
9 septembre	8,25	0,73
6 octobre.....	7,83	0,75
Moyenne.....	7,84	0,75

N° 44. Animal calme 25,89 g.

Expériences faites l'après-midi.

26 novembre.....	7,35	0,72
28 novembre.....	7,50	0,73
30 novembre.....	7,95	0,73
Moyenne.....	7,60	0,73

On voit que d'un jour à l'autre les résultats sur un même animal sont d'une concordance remarquable puisqu'ils ne varient au plus que de 5 p. 100 autour de la valeur moyenne.

Il y a plus : on a une concordance aussi bonne sur des animaux différents mais de même poids, comme le montre le tableau suivant :

N° de la Souris	Poids moyen en g.	O ² kg.-h. en g.
79	25,31	7,86
40	25,62	7,45
31	25,77	7,68
44	25,89	7,60

CHAPITRE IV.

La thermogénèse et ses variations chez la Souris blanche adulte.

L'étude du métabolisme respiratoire de la Souris offre un très grand intérêt : c'est un très petit mammifère, donc de surface très grande par rapport à sa masse ; ses échanges sont très actifs et il peut fournir des cas, soit de thermogénèse soit de thermolyse très intéressants à étudier.

Nous avons d'abord étudié l'influence de la nutrition, du mouvement et de la température extérieure sur l'intensité des échanges. Le grand nombre d'expériences faites sur des animaux de poids très différents nous a permis d'étudier l'influence de la taille.

Cette étude, traitée du point de vue physiologique, a porté sur la Souris blanche adulte courante et non sur une race définie, on a laissé au naturaliste l'étude des races et leur retentissement possible sur les échanges. Les poids de nos animaux s'étagent de 18 à 40 grammes, la moyenne générale se place entre 20 et 25 grammes.

Malheureusement l'étude du métabolisme de la Souris est extrêmement difficile, c'est un animal très rarement en repos, le métabolisme du mouvement se trouve donc presque constamment superposé à celui des services physiologiques essentiels, d'autre part, c'est un animal excitable, craintif et qui réagit vivement à toute perturbation du milieu.

I. — Influence de la nutrition.

TIGERSTEDT (1906) a établi une notion aujourd'hui classique montrant que les échanges mesurés au cours de l'inanition calculés par kg. de poids corporel, se présentent alors comme

remarquablement constants. Cette notion a été ultérieurement confirmée par les travaux de HÉDON sur le Chien et ceux de TERROINE, TRAUTMANN et SCHNEIDER sur différentes espèces (Lapin, Poule, Cobaye, Pigeon etc.).

Dans toute étude de ce genre, il faut distinguer comme le disent TERROINE et ses collaborateurs entre les faits accessoires et variables (avec l'espèce) et les faits fondamentaux et constants.

1° Les faits accessoires et variables avec l'espèce, sont relatifs aux périodes initiales (travail digestif, mouvement) ou terminales (disparition graduelle de l'homéothermie).

2° Les faits fondamentaux sont : une production calorique constante par kg. d'animal et un Q.R. de 0,73 à 0,75 constant pendant la période d'inanition.

Nous avons repris l'étude du jeûne et de l'inanition sur la Souris. Il semble utile d'en donner les résultats qui confirment la loi proposée par TIGERSTEDT.

Nous avons déjà exposé la difficulté de travailler avec la Souris au jeûne : le temps relatif aux faits transitoires (début et fin) prend une valeur très importante dans la durée de survie, le temps relatif à la période d'état (inanition) est extrêmement court.

Echanges respiratoires au cours du jeûne.

Jeûne sans eau. — Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur la Souris N° 73 soumise à un jeûne absolu et suivie pendant 8 heures et demie, la production calorique moyenne passe de 26.0 à 20.0 Calories par kg.-h. La thermogénèse diminue assez rapidement et régulièrement pendant les trois premières déterminations (4 heures de jeûne environ) puis elle diminue moins vite et devient sensiblement constante vers la 6^e heure du jeûne (20.1 Cal.). Pendant ce temps le Q. R. passe de 0.92 à 0.69.

Le même animal N° 73, après 17 heures de jeûne absolu, donne une valeur de 20.65 Calories (après un temps de mise en route) c'est-à-dire à peu de chose près la valeur obtenue après 6 heures de jeûne.

13 avril Souris n° 73	Température moyenne de l'expérience : 21°5				
	CO ² lit. par kg.-h.	O ² lit. par kg.-h.	Q.R.	Thermo- génèse calories par kg.-h.	Poids de l'animal en g.
30'	4,91	5,34	0,92	26,40	26,85
1 h. 30	4,22	5,40	0,78	25,80	—
3 h.	3,44	4,65	0,74	22,0	—
6 h.	3,12	4,38	0,71	20,53	24,67
16 h. 30	3,20	4,42	0,72	20,65	21,54

Nous avons prolongé le jeûne absolu sur un autre animal jusqu'à la mort : la Souris N° 127 de 21,34 g. a vécu 60 heures, son poids final était de 16,17 g., soit une perte de 24,2 p. 100 du poids initial ; la température de l'animal après 29 heures de jeûne était très diminuée : 25°, le temps de survie est extrêmement court ; les périodes initiale et terminale sont très rapprochées et ne permettent pas une étude détaillée de l'inanition chez la Souris.

Jeûne avec eau. — Afin de suivre le phénomène fondamental de l'inanition chez la Souris, nous avons soumis un animal (N° 128) de poids élevé : 39,87 g., à un jeûne avec eau. La période de jeûne étudiée s'est étendue sur 216 heures au cours desquelles nous avons fait 26 mesures (tableau N° VI).

L'animal qui, au début de l'expérience, pesait 39,87 g., a perdu 49 p. 100 de son poids, après 216 heures de jeûne, son poids étant tombé à 20,28 g.

On ne peut avec certitude, parler d'hypothermie que vers la 130^e heure. Dans la période prémortelle, dont le début peut être fixé vers la 170^e heure, l'animal maintient une température encore assez élevée par un accroissement des échanges, lors de la dernière mesure la température corporelle de la Souris était de 23°7.

TABEAU VI.

Souris n° 128. *Température extérieure 22°. Influence du jeûne avec eau.*

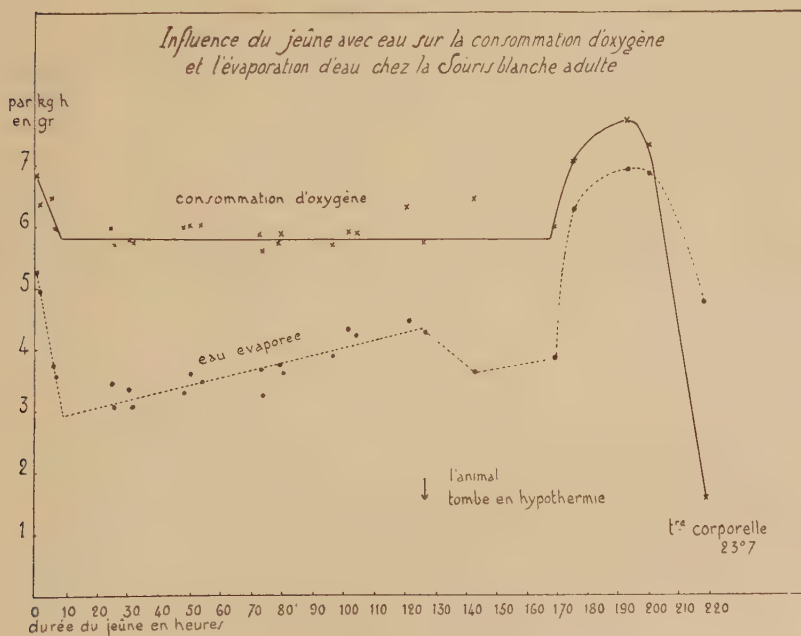
Date	Temps moyen de jeûne heure minute	Poids en g.	Par animal-heure en mg.			Par kg.-heure en g.			HO ² /O ²	Q. R.	Calories par kg.-heure		
			CO ²	O ²	H ² O	CO ²	O ²	H ² O			Thermo- génése	Thermolyse	
												Latente	Sensible
15 mai...	0,30	39,87	291	272	208	7,29	6,81	5,21	0,76	0,78	22,75	3,04	19,71
— ...	1,30	39,48	255	252	194	6,45	6,36	4,91	0,77	0,73	21,05	2,87	18,18
— ...	5,37	39,21	254	253	146	6,49	6,45	3,72	0,58	0,73	21,40	2,17	18,93
— ...	6,37	38,93	228	231	138	5,85	5,94	3,55	0,59	0,72	19,55	2,07	17,48
16 mai...	24,35	36,52	210	218	123	5,74	5,97	3,38	0,56	0,70	19,60	1,97	17,63
— ...	25,40	36,22	204	207	110	5,64	5,70	3,03	0,53	0,72	18,80	1,77	17,03
— ...	30,5	35,72	199	207	119	5,57	5,78	3,34	0,58	0,70	19,0	1,95	17,05
— ...	31,20	35,62	197	205	108	5,54	5,75	3,04	0,53	0,70	18,90	1,77	17,13
17 mai...	48,30	33,99	196	203	112	5,76	5,99	3,30	0,55	0,70	19,70	1,93	17,77
— ...	49,35	33,83	197	204	121	5,83	6,02	3,58	0,59	0,70	19,30	2,09	17,21
— ...	53,40	33,31	192	201	115	5,77	6,02	3,44	0,57	0,70	19,30	2,01	17,29
18 mai...	72,35	31,67	179	188	115	5,64	5,88	3,65	0,61	0,70	19,30	2,13	17,17
— ...	73,40	31,56	172	176	101	5,46	5,58	3,20	0,57	0,71	18,35	1,87	16,48
— ...	78,30	31,27	171	180	117	5,48	5,77	3,73	0,65	0,69	18,90	2,18	16,72
— ...	79,30	31,49	178	181	112	5,70	5,89	3,59	0,61	0,70	19,40	2,09	17,31
19 mai...	96,30	29,75	157	170	116	5,28	5,71	3,89	0,68	0,67	18,70	2,27	16,43
— ...	101,15	29,23	161	174	127	5,51	5,93	4,35	0,73	0,68	18,90	2,54	16,36
— ...	104,15	28,93	161	171	122	5,57	5,91	4,22	0,71	0,69	18,80	2,46	16,34
20 mai...	120,30	28,10	169	179	125	6,02	6,37	4,46	0,70	0,69	20,95	2,60	18,35
— ...	126,35	27,46	147	158	117	5,23	5,75	4,27	0,74	0,67	18,90	2,49	16,41
21 mai...	142,40	26,24	153	169	96	5,82	6,44	3,65	0,57	0,66	21,45	2,13	19,02
22 mai...	168,20	24,42	137	147	101	5,61	5,99	3,83	0,69	0,68	19,70	2,23	17,47
— ...	175,15	23,77	161	169	149	6,78	7,11	6,29	0,88	0,69	23,40	3,67	19,73
23 mai...	192,30	22,59	170	175	158	7,54	7,72	6,97	0,90	0,71	25,30	4,07	21,23
— ...	199,5	21,46	154	157	148	7,45	7,37	6,90	0,94	0,71	24,10	4,03	20,07
24 mai...	216	20,28	27	31	97	1,32	1,54	4,77	3,08	0,62		2,78	

Consommation d'oxygène par animal et par heure.

De même que lors du jeûne sans eau, la consommation d'oxygène baisse très rapidement dans les premières heures du jeûne (8 heures), puis elle continue à baisser, mais d'une façon beaucoup moins accentuée jusqu'aux environs de la 165^e heure (si on laisse de côté deux valeurs plus élevées probablement dues à l'agitation). Enfin vient la période prémortelle, moment à partir duquel les échanges vont croître jusqu'aux environs de la 200^e heure pour terminer très bas : à la 216^e heure la consommation d'O² est le 1/9 de celle de la première heure de jeûne (courbe N° 6).

Consommation d'oxygène par kilogramme-heure.

Le calcul de la consommation d'O² par kg. d'animal et par heure fait apparaître pour les 6 premières heures de jeûne une baisse de consommation. Ensuite, la consommation reste constante (à l'exception des 120 à 142^e heures) jusqu'à la période prémortelle. la moyenne trouvée est à 3 p. 100 près de 5 g.,86 par kg.-h. (tableau N° VI, courbe N° 3).



COURBE N° 3.

La loi proposée par TIGERSTEDT sur les échanges au cours du jeûne est remarquablement vérifiée chez la Souris.

Quotient respiratoire. — Le Q. R. tombe à 0,72 dès la 6^e heure du jeûne tout le long de l'inanition il oscille entre 0,72 et 0,66 pour atteindre 0,62 à la 216^e heure.

c) DISCUSSION.

On ne trouve guère, dans la littérature scientifique, sur les échanges respiratoires, de renseignements sur les temps de jeûne auxquels sont soumis les animaux lors de la mesure du métabolisme basal. Il semble que l'on oublie un peu trop souvent un facteur important dans cette question : la taille de l'animal, et on applique quelle que soit celle-ci un temps moyen de 12 à 24 heures de jeûne.

Un jeûne complet de 24 heures retentit :

1° Sur la perte de poids de la Souris, 2° sur sa température corporelle ; et nous verrons plus loin aussi la répercussion sur l'estimation que l'on peut faire de sa surface même (même chapitre).

Il est évident que la question de savoir si l'animal est au jeûne est extrêmement délicate dès que l'on travaille sur des sujets de petite taille, disposant par suite de très peu de réserves et ayant une consommation d'entretien et une déperdition extrêmement élevées. Lorsque l'animal, nourri de glucides présente un quotient respiratoire voisin de l'unité au début de l'expérience, montre une baisse progressive du quotient, on peut penser que lorsque celui-ci atteint 0,72 c'est un test suffisant de l'état de jeûne. En se plaçant dans ces conditions, il semble que celui-ci soit atteint, chez la Souris dans les quelques heures qui suivent sa mise au jeûne complet : 6 heures après absorption de nourriture hydrocarbonée. Il faut absolument rejeter pour cet animal une période de jeûne total et prolongé de 17 heures et plus, comme l'ont employé BENEDICT et Fox, puisque nous voyons que l'animal abaisse alors très fortement sa production calorique et tombe en hypothermie notable (2 à 3°).

II. — Influence du mouvement.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE.

Repos complet. — Pour obtenir un repos complet, l'animal est laissé à l'obscurité, l'expérience a été divisée en deux phases.

a) un temps de mise en route, de courte durée, 10 à 15 minutes pendant lequel s'atténue l'effet de la manipulation du sujet.

b) un temps expérimental proprement dit de 45 minutes à 1 heure.

Pour permettre la réalisation des deux phases, on a placé à la sortie du récipient contenant l'animal, deux séries de tubes absorbants correspondants aux deux temps de l'expérience, un robinet à trois voies permet la liaison avec l'une ou l'autre série. La pesée du récipient contenant l'animal avant et après l'expérience sert pour le calcul de la consommation totale de l'oxygène pendant les deux temps de la manipulation.

Mouvement. — Pour l'étude du mouvement, le récipient utilisé a les mêmes caractéristiques que celui que l'on a décrit précédemment, mais il tourne autour d'un axe de rotation creux permettant la circulation gazeuse ; l'éthanchéité est assurée par des presses-étoupes. Le récipient est entraîné par un moteur électrique (fig. N° 2), la vitesse de rotation est d'environ 14 tours/minute. La cage d'un diamètre moyen de 8 cm. pèse avec l'animal environ 400 grammes, elle est tarée sur une balance de CURIE au $1/10^{\circ}$ de mg.

Il a été fait deux séries d'expériences :

1° une série où l'animal a été laissé 1 heure dans la cage tournante ;

2° une autre série où le temps expérimental a été réduit à 15 minutes, temps pendant lequel l'animal a pu fournir un travail effectif sans fatigue.

CALCULS.

Repos complet et mouvement.

L'expérience se compose de deux parties pour chacune desquelles le gaz carbonique et l'eau émise sont donnés par les pesées des tubes absorbants correspondants. Pour obtenir l'oxygène on retranche la variation de poids de la cage de la somme $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Or seule la variation totale du poids de la

cage est connue, elle correspond à l'ensemble de l'expérience, c'est-à-dire aux deux parties de la mesure.

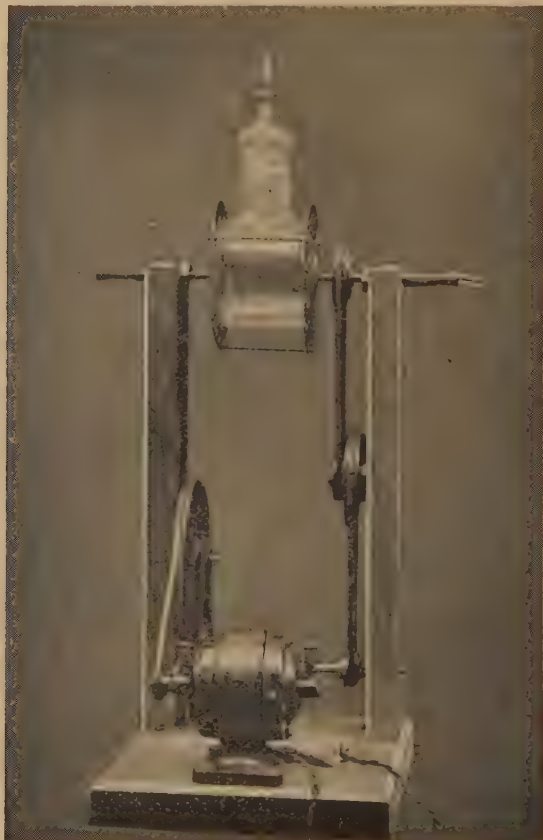


FIGURE II.

Pour pouvoir calculer la quantité d'oxygène consommé pour chaque temps de l'expérience, on doit faire l'hypothèse que pendant la durée expérimentale (au maximum 1 heure) le quotient respiratoire est resté sensiblement constant.

Pour réduire l'arbitraire d'un tel calcul dans le cas du repos complet, nous avons limité le temps de mise en route à

10-15 minutes pour une mesure de repos de 45 minutes à 1 heure, et nous n'avons conservé que les expériences pour lesquelles l'animal n'a pas présenté d'agitation notable pendant la première partie de l'expérience.

La chaleur émise par l'animal, c'est-à-dire sa thermogénèse est calculée en fonction de sa consommation d'oxygène, en employant le coefficient thermochimique de l'oxygène, en fonction du quotient respiratoire.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

Comparaison du mouvement et du repos

Nous avons dit dès le début qu'il est extrêmement difficile d'obtenir le repos complet chez la Souris, et que dans la majorité des mesures, il se surajoutait toujours au métabolisme de repos un métabolisme de travail. Nous voudrions d'abord montrer l'importance des variations de la thermogénèse apportée par l'agitation plus ou moins visible de nos animaux au cours des mesures.

Pour cela nous avons effectué des mesures de l'intensité des échanges à 21° et à 29°. Certaines déterminations ont pu être faites sur l'animal parfaitement tranquille mais non endormi (1). Nous citerons les résultats obtenus sur l'animal ne présentant pas d'agitation importante et nous comparerons ces différents résultats avec ceux que l'on obtient sur l'animal en mouvement dans notre récipient tournant. Il faut d'ailleurs dire que les valeurs obtenues dans ce dernier cas peuvent être inférieures à celles que nous avons trouvées lorsque l'animal s'agitait spontanément pendant toute la durée de la mesure : nos valeurs trouvées pour le travail imposé ne sont pas celles de la puissance thermogénétique maxima de la Souris à la température envisagée (21°) : par exemple pour une Souris de 25 g. marquant une agitation très vive pendant la mesure, la thermogénèse a été de 39.5 Calories par kg.-h., un animal de même poids au repos absolu ne donne que 17.8 Calories par kg.-h.

(1) J. E. DAVIS et VAN DYKE ont constaté une variation des échanges de 35,8 p. 100 entre l'état de repos et l'état de sommeil, à 28°.

TABLEAU VII.

Comparaison du Repos et du Mouvement chez la Souris blanche adulte.

N° des Souris	Date	Poids en g.	Park.-h. en g.			H ₂ O/O ₂	Q. R.	Température extérieure	En Calories par kg.-h.				Variations en p. 100		Observations
			CO ₂	O ₂	H ₂ O				Thermogénèse	Thermolyse			Thermo- génèse	Thermolyse latente	
40	25 mars.	24,78	7,77	7,89	4,04	0,51	0,72	20°	25,95	2,36	23,59		55	410	animal au repos relatif
29	avril..	22,14	12,35	12,13	8,48	0,70	0,74	19°8	40,20	4,95	35,25				animal dans cage tournante
13	11 mai ..	25,43	8,26	7,20	4,92	0,68	0,84	20°	24,45	2,87	21,58				animal au repos relatif
6	mai ..	25,22	10,55	9,00	8,40	0,92	0,85	19°5	30,95	4,90	26,05		26,6	70,8	animal dans cage tournante
31	2 mai ..	25,77	7,80	7,68	5,40	0,70	0,74	20°	25,50	3,45	22,35				animal au repos relatif
2	mai ..	25,06	10,28	10,01	7,82	0,77	0,74	20°5	33,45	4,56	28,89		31,2	44,8	animal dans cage tournante
26	29 avril..	32,98	7,70	6,55			0,86	21°	22,35						animal au repos relatif
6	mai ..	32,53	8,91	8,20			0,79	20°5	27,45				22,8		animal dans cage tournante
146	7 déc...	18,60	6,45	5,86	4,10	0,70	0,80	21°6	19,70	2,41	17,29				animal au repos complet
16	déc...	19,12	12,50	10,50	11,08	1,05	0,87	21°	35,80	6,46	29,34		81,6	168	animal dans cage tournante
143	2 déc...	25,45	5,45	5,38	3,26	0,60	0,74	20°1	17,80	1,90	15,90				animal au repos complet
16	déc...	24,96	10,90	10,28			0,77	21°	34,2				92,0		animal dans cage tournante
146	21 déc...	18,75	4,73	4,02	5,00	1,24	0,86	29°5	13,75	2,90	10,85				animal au repos complet
13	janv...	19,30	10,80	7,82			1,00	29°4	27,60				101		animal dans cage tournante
143	5 janv..	25,40	3,31	3,00	3,57	1,19	0,81	29°7	10,05	2,07	7,98				animal au repos complet
4	janv..	26	8,45	7,78	9,03	1,16	0,79	29°3	26,0	5,25	20,75		158,5	152	animal dans cage tournante

On trouvera dans le tableau N° VII l'ensemble de nos résultats à ce sujet. Il ressort de ce tableau et de ce que nous avons dit précédemment, que le mouvement provoque à 21° une augmentation de la thermogénèse de 55 à 23 p. 100 par rapport au repos relatif et une augmentation de 80 à 90 p. 100 par rapport au repos absolu. L'agitation spontanée chez la Souris montre qu'à 21°, cet animal possède une marge de variation d'au moins 120 p. 100 entre sa puissance thermogénétique maxima et minima.

A 29° nous voyons que les variations de la thermogénèse entre le repos absolu et le mouvement sont en valeur relative plus élevées qu'à 21° : 100 à 160 p. 100. Mais si l'on examine les variations absolues à ces deux températures, on voit qu'elles sont à peu près égales. Il existe pour la Souris une puissance thermogénétique maxima, il semble qu'à ces deux températures de 21 et 29°, l'animal n'ayant pas atteint la marge de variation possible, le même travail a le même effet : par exemple pour la Souris N° 143, le travail fait varier la thermogénèse de 16,4 Cal. à 21° et de 16,05 Cal. à 29° ; ceci explique que, dans les mesures de labilité de la température corporelle de la Souris, pour des mêmes conditions extérieures, nous ayons trouvé des labilités semblables à ces deux températures.

Numéro de la Souris	Variations de la thermogénèse (en Calories par kg.-heure)			
	à 21°		à 29°	
	En Calories	En p. 100	En Calories	En p. 100
146	16,1	81,5	13,85	101
143	16,4	92	16,05	159

Mais aux basses températures, quand la production calorifique est maxima, on ne peut plus trouver de variations. C'est ce que MAGNE a montré en faisant travailler des Souris à 10°, les consommations d'O² sont les mêmes au travail et au repos.

Il est à remarquer que certains animaux, qui même au repos présentent un métabolisme élevé, n'augmentent pas sensiblement leur production énergétique lorsque nous les soumet-

trons au travail dans notre cage tournante, c'est ainsi que la Souris N° 36 a respectivement au repos relatif et au travail des thermogénèses de 27,3 et 27,7 Calories par kg.-h., alors que le métabolisme d'un animal de même poids au repos relatif est de 22,9 Calories par kg.-h.

Nous avons étudié dans quelques cas la valeur des échanges dans le temps qui suit immédiatement celui du travail dans notre cage tournante, les valeurs de thermogénèse sont plus élevées que celle du repos sans travail préalable, comme LAULANIÉ l'avait constaté, il y a une baisse légère du Q. R., l'augmentation des échanges portant principalement sur la consommation d'O².

En résumé la production calorique de la Souris est capable de varier considérablement suivant l'état d'agitation dans lequel se trouve l'animal au moment de la mesure. Pour un même animal (Souris de 25 g.) en repos alimentaire et ayant une température corporelle normale au début de la mesure, on obtient à 21° les valeurs suivantes de la thermogénèse par kg.-h.

au repos absolu : 17.8 Calories.

au repos relatif : 25.05 Calories.

en extrême agitation : 39.5 Calories.

Soit au cours de l'agitation volontaire, soit dans le cas du travail forcé, on constate une légère augmentation du quotient respiratoire.

Pour les valeurs élevées du métabolisme les températures de la Souris dépassent ou sont au moins égales à 39°.

Dans le cas du travail dans la cage tournante, les températures à la sortie de la cage sont à peine supérieures à celles trouvées au repos relatif.

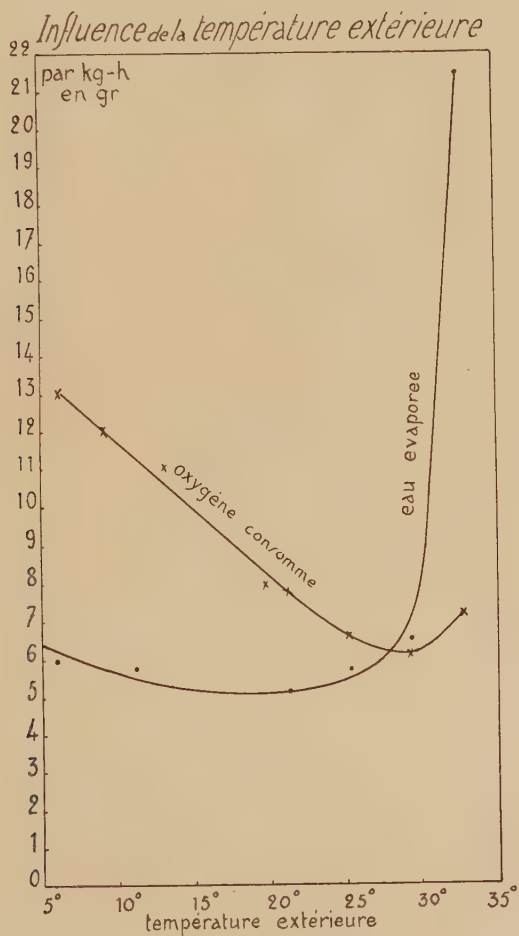
III. — Influence de la température extérieure.

Dans ce chapitre on trouvera nos résultats concernant les consommations d'oxygène en fonction de la température extérieure.

L'étude a été poursuivie entre les températures de 5° et de 32°, qui ont été réalisées soit dans un frigidaire, soit dans une étuve électrique. Nous avons employé 2 Souris de 17.6 et 20.6 g.

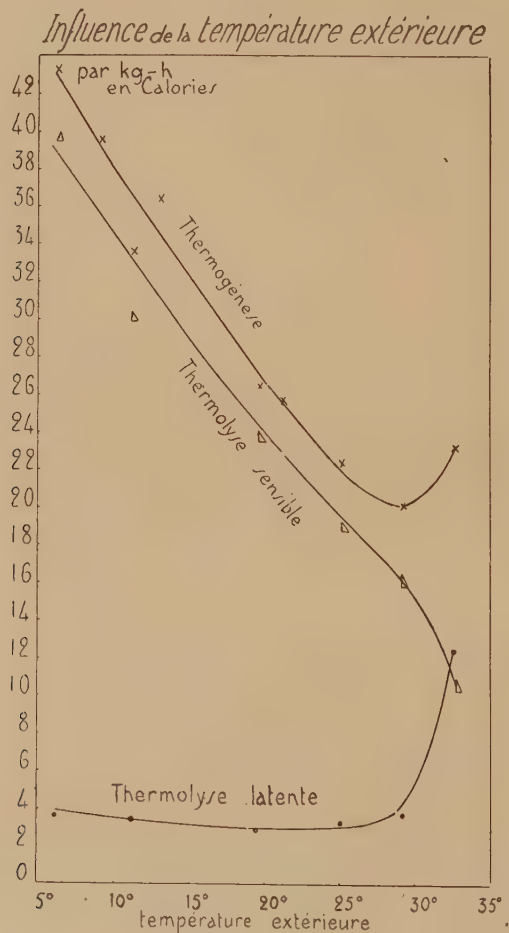
Nos résultats montrent les variations de la thermogénèse de

la Souris quand on la fait passer rapidement de la température de 18° (température d'élevage) aux différentes températures étudiées. Les chiffres de thermogénèse que nous donnons ne sont pas ceux d'animaux adaptés préalablement à ces différentes températures. Nous avons vu en effet d'une part les modifications légères de température interne que montrent nos Souris aux différentes températures extérieures (chapitre II), d'autre part les effets de l'adaptation sur le niveau de la thermogénèse (chapitre III).



COURBE N° 4 a.

La consommation d'oxygène à une température donnée est à 5 p. 100 près constante pour un animal déterminé. Ceci nous permet de suivre avec certitude les variations même faibles, de thermogénèse de la Souris aux différentes températures. Le tableau N° VIII, courbe N° 4 montre que la production calorifique est minima aux environs de 30° neutralité thermique de la Souris. Entre 5 et 30°, cette production décroît à peu près régulièrement ; elle augmente ensuite rapidement au-dessus de 30°. Nos chiffres dans cette dernière zone de température sont sans doute un peu élevés : il est pratiquement impossible en effet d'obtenir le calme chez un animal à ces températures.



COURBE N° 4 b.

TABEAU VIII.

Influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires et l'émission d'eau.

Souris n° 24

Date	Poids en g.	Par kg. heure en g.			H ² O/O ²	Q. R.	Température extérieure	Calories par kg.-heure			Observations
		CO ²	O ² .	H ² O				Thermolyse			
								Thermogénèse	Latente	Totale	
11 février	17,25	5,49	5,48	10,20	1,86	0,73	30°5	18,07	5,93	12,14	
6 —	17,99	5,98	5,98	7,72	1,29	0,72	29°5	19,70	4,48	15,22	
26 —	17,54	7,93	8,06	7,91	0,98	0,72	26°	26,55	4,61	21,94	
7 —	17,24	8,91	6,78	5,80	0,85	0,96	25°	23,70	3,37	20,33	
30 janvier	17,53	8,80	8,90	5,59	0,63	0,72	20°5	29,30	3,26	26,04	
25 février	17,55	9,88	10,16	5,92	0,58	0,71	1°	33,40	3,46	29,94	
25 —	17,56	12,51	11,70			0,78	14°	39,10			
23 —	18,05	12,15	11,82	5,48	0,46	0,75	12°	39,15	3,21	35,94	
24 —	17,07	12,58	12,34	7,03	0,57	0,74	10°	40,90	4,12	36,78	
24 —	17,97	14,70	13,90	7,68	0,55	0,77	7°	46,30	4,50	41,80	
Souris n° 17											
22 janvier	20,83	7,29	7,05	21,40	3,03	0,75	32°5	23,35	12,40	10,95	Agitée.
21 —	21,02	6,24	6,07	6,42	1,05	0,74	29°	20,20	3,73	16,47	
20 —	22,42	7,37	6,64	5,65	0,85	0,81	25°	22,35	3,29	19,06	
18 déc.	20,30	7,92	7,77			0,74	21°	25,80			
16 —	20,39	8,45	7,92	5,05	0,64	0,78	19°5	26,60	2,95	23,65	Poils hérissés.
24 —	19,39	12,38	11,02			0,75	13°	36,60			
24 janvier	20,60	10,10	10,20	5,70	0,56	0,72	11°	33,65	3,40	30,25	
25 —	20,38	12,09	12,0			0,73	9°	39,60			
26 —	20,93	13,80	12,95	5,97	0,46	0,77	6°	43,30	3,52	39,78	Temp. corporelle en baisse.

La thermogénèse est pour une Souris de 20,6 g. (N° 17).

de 43.3 Calories par kg.-h. à 6°

20.2 Calories par kg.-h. à 29°

23.3 Calories par kg.-h. à 32°5

La Souris est donc très sensible aux variations de température extérieure.

Les valeurs mesurées sont celles d'un animal au repos relatif. Calculons la variation de thermogénèse par rapport aux valeurs données par un animal au repos complet. A 30°, la production calorique d'un animal de 20,6 g. est de 12.8 Calories par kg.-h. Si l'on considère, comme MAGNE l'a montré sur la Souris, que le mouvement ne provoque pas d'augmentation de la production calorique aux basses températures, la variation réelle de thermogénèse pour un animal de 20,6 g. serait de 43.3 à 12.8 soit 30.5 Calories ; par passage de 30° à 6° soit de 240 p. 100 par rapport au minimum.

Mais il ne semble pas que ce soit là encore la limite possible de variation. En effet, nous avons vu que pour une Souris de 25-26 g. à 30° et au repos absolu, la production calorique était de 10.05 Calories par kg.-h. (tableau N° VII) une Souris de même poids, extrêmement agitée, a donné 39.5 Calories à 21°, en admettant que ce soit la thermogénèse maxima de cet animal on voit que la puissance thermogénétique de la Souris peut s'accroître de 300 p. 100 par rapport à sa valeur minima.

IV. — Influence de la taille.

Ayant examiné quelles étaient sur la thermogénèse les répercussions du jeûne, de l'agitation et de la température extérieure, nous allons voir maintenant l'influence de la taille sur des animaux en état de repos alimentaire à la température extérieure de 21°.

Les expériences ont été faites soit le matin, soit l'après-midi ; dans la période de temps 9 heures-17 heures, le rythme nycthémeral ne semble pas apporter de perturbations notables dans les résultats. Il est vrai que nous n'avons pas cherché à en faire une étude systématique ; si action il y a, son sens serait celui d'une légère diminution des échanges l'après-midi.

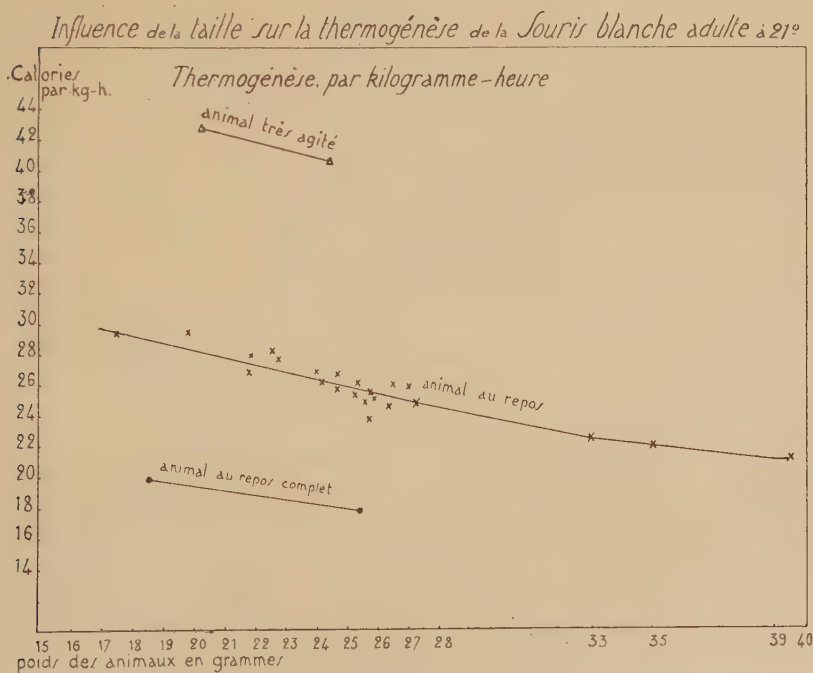
De même en cherchant à classer les expériences par saison, nous n'avons rien saisi de net, nous ne pouvons pas dire que l'influence saisonnière soit nulle ; mais les variations que nous

constatons sur nos groupes ne sont pas significatives et sont de l'ordre de grandeur des variations individuelles au cours d'une même saison. Il est vrai que nous avons cherché à éliminer le plus possible cette variation saisonnière, en rendant constante la température du lieu où vivaient nos Souris (17 à 18°).

La constance des résultats trouvés d'une part pour un même animal et d'autre part pour des animaux différents de même poids, nous a permis d'aborder l'étude d'animaux de poids différents. Comme on aurait dû s'y attendre, on trouve que les valeurs varient considérablement, elles dépendent de la taille qui acquiert chez ces petits animaux, à l'intérieur même de l'espèce, une influence considérable.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

Le calcul des résultats par kg.-h. montre qu'à un accroissement du poids de 82 p. 100 correspond une baisse de 25.7 p. 100 de la consommation d'oxygène par kg.-h. (tableau N° IX) courbe N° 5).



COURBE N° 5.

TABLEAU X.

Influence de la taille et de la température extérieure sur les échanges et l'émission d'eau de la Souris blanche adulte.

Date	Poids en g.	Par kg.-h. en g.		Q. R.	H ² O par kg.-h. en g.	H ² O/O ²	Calories par kg.-h.			Température moyenne	
		CO ²	O ²				Thermogénèse	Thermolyse		exté- rieure	de la Souris
								latente	sensible		
Souris n° 21.											
6 février...	17,99	5,98	5,98	0,72	7,72	1,29	19,70	4,48	15,22	29°5	37°15
24 — ...	17,97	14,70	13,90	0,77	7,68	0,55	46,30	4,50	41,80	7°	37°4
Variation...							26,60			22°5	
Souris n° 17.											
18 décembre	20,30	7,92	7,77	0,74			25,80			21°	38°2
25 janvier...	20,38	12,09	12,0	0,73			39,60			9°	38°3
Variation...							13,80			12°	
Souris n° 40.											
26 mars	22,63	8,63	8,53	0,74	4,50	0,52	28,20	2,63	25,57	20°7	38°4
11 mai	22,30	11,45	11,38	0,73	5,92	0,52	37,50	3,46	34,04	11°4	
Variation...							9,30			9°3	
Souris n° 72.											
6 février...	22,76	6,57	6,06	0,78	7,07	1,17	20,30	4,10	16,20	29°5	37°7
3 — ...	23,45	6,65	8,27	0,76	6,65	0,81	27,60	3,88	23,72	20,5	38°
	22,76						27,95				
Variation...							7,65			9°	
Souris n° 41.											
15 octobre..	24,28	5,69	5,22	0,82	8,85	1,69	17,65	5,14	12,54	31°5	38°2
8 septemb.	24,10	8,35	7,37	0,82			24,90			21°3	38°4
Variation...							7,25			10°2	
Souris n° 40.											
15 octobre..	24,98	6,12	5,55	0,80	9,50	1,70	18,70	5,51	13,19	32°8	38°25
19 — ...	24,6	8,74	8,32	0,85	7,08	0,85	27,70	4,13	23,47	21°	38°2
Variation...							9			11°8	
Souris n° 61.											
26 octobre..	26,22	8,55	8,12	0,76			27,05			20°6	38°3
29 — ...	26,61	10,40	10,20	0,74	5,82	0,57	33,75	3,11	30,34	9°5	38°1
Variation...							6,70			11°1	
Souris n° 61.											
20-21 janvier.	26,97	7,72	6,86	0,82	9,34	1,36	23,17	5,42	17,75	30°	38°5
19 — ...	27,31	8,85	8,68	0,74	7,21	0,83	28,75	4,21	24,54	22°	38°7
Variation...							5,58			8°	
Souris n° 26.											
6 mai	33,71	9,83	8,52	0,84	4,19	0,49	28,95	2,44	26,51	21°2	38°5
12 —	31,88						29,95				
	31,88	10,8	10,05	0,79	4,58	0,46	33,65	2,69	30,96	13°6	38°5
Variation...							3,70			7°6	

Avec les valeurs trouvées pour la consommation d'oxygène on peut, comme nous l'avons dit, calculer les valeurs de la thermogénèse. On voit ainsi, que plus l'animal est petit, plus sa production calorique par kg.-h. est élevée.

Lorsque l'on prend les échanges d'une Souris immédiatement après un repas de glucides, son quotient respiratoire s'approche de l'unité, mais il baisse très rapidement, si bien que lorsque l'on opère sur des animaux qui ont mangé quelques heures auparavant on trouve un Q. R. de 0,76 à 0,78 c'est ce qu'ont déjà observé BENEDICT et FOX. Peut-être est-ce dû au fait que chez ce petit animal les réserves de glucides sont très rapidement épuisées et que la combustion porte alors sur les graisses.

Influence de la température extérieure sur les échanges de Souris de poids différents.

Nous nous sommes proposé d'étudier la variation de la production calorique pour une même variation de la température extérieure chez des Souris de tailles différentes.

Cette étude a été faite sur 9 animaux de 18 à 32 g. Les consommations d'oxygène et les productions de gaz carbonique ont été suivies pour 2 Souris entre 5 et 32°. Les 7 autres Souris ont été étudiées dans un intervalle de 10°, les températures sont portées dans le tableau N° X.

Le calcul de la variation de la thermogénèse (en Calories par kg.-h. en fonction du poids pour une variation de 1° de la température extérieure montre qu'à l'intérieur d'une même espèce, la variation est d'autant plus forte que l'animal est plus petit : c'est ainsi que pour une Souris de 18 g. elle est de 1,2 Calorie alors qu'elle est de 0,5 Calorie pour une Souris de 32 g.

Souris n°	Poids moyen en g.	Variation pour 1° de la température exté- rieure. Cal. par kg.-h.
21	17,98	1,18
17	20,34	1,15
40	22,46	1,00
72	22,76	0,85
41	24,17	0,71
40	24,75	0,76
61	26,41	0,61
61	27,14	0,70
26	31,88	0,48

La réaction au froid des divers individus de tailles différentes dans la même espèce n'est pas la même, elle est d'autant plus grande que l'animal est plus petit. Il est donc utile de spécifier le poids de l'animal, quand on indique de combien varie la production calorique pour une variation de 1° de la température extérieure.

V. — Influence de la surface.

APPLICATION DE LA FORMULE DE MEEH.

La valeur de la surface d'un animal est obtenue soit par mesure directe (1) demandant le sacrifice de l'animal, soit par le calcul au moyen de la formule de MEEH (2) : $S = k^3 \sqrt{p^2}$ ou p est le poids de l'animal.

Auteurs	Année publication	Valeur de k	Nombre d'animaux	Poids des animaux en g.
RUBNER	1902	11,36 (trouvée)	6 nourris	20,2 (moyenne)
—	—	6,25 (corrigée) (1) animal nourri		
—	—	12,3 (trouvée)	6 inanités	18,8 —
—	—	6,92 corrigée animal inanité		
DREYER et RAY ..	1911	10,50	3	10,6 à 19,7
PFAUNDLER	1916	11,41	12	10 à 22
GIAJA	1925	7,87	11	16.82 (moyenne)
BENEDICT et FOX ..	1933	9,0	13	6 à 26,5
SMUTS	1933	7,76 (après 10 h. de jeûne)	9	{ 22 à 30

(1) Valeurs corrigées depuis par PFAUNDLER et le « Nutrition Laboratory ».

Si l'on examine les différentes études faites pour obtenir le coefficient k de la formule de MEEH se rapportant à la Souris, on voit que la valeur de k varie de 11.4 à 6.2 suivant les auteurs.

(1) On peut employer la méthode de BRODY (intégrateur) qui est surtout applicable aux animaux de grande taille. BONENKAMP et ses collaborateurs ont proposé en 1931 une méthode basée sur le rayonnement d'une surface chargée, cette méthode ne fournit pas la mesure de la surface totale, elle indique simplement la grandeur de la surface rayonnante en fonction de l'attitude du sujet étudié.

(2) Dans laquelle on applique un coefficient k ; calculé lui-même d'après le résultat de mesures directes.

Malgré cela une étude spéciale de la grandeur de la surface ne nous est pas apparue nécessaire pour différentes raisons :

1° L'examen des différents résultats acquis jusqu'à ce jour permet pour plusieurs raisons que nous allons examiner de s'arrêter à une valeur donnée.

2° Une valeur même approximative du coefficient k peut suffire pour une étude intraspécifique.

Nous avons rassemblé dans un tableau, les valeurs de k données par les différents auteurs qui ont étudié ce coefficient chez la Souris.

Si nous prenons les coefficients k donnés pour la Souris depuis 1925, nous voyons que ceux-ci sont de 7,87 (GIAJA) 9 (BENEDICT et FOX), 7,76 (SMUTS). Nous nous trouvons donc en présence de deux valeurs dont l'une est 9 et l'autre de 7,8 (moyenne).

Nous devons donc nous demander d'où peut provenir cette différence — alors que les mêmes auteurs GIAJA et BENEDICT sont parfaitement d'accord pour d'autres espèces et trouvent par exemple pour le Rat, des valeurs respectives de 8,99 et 9,1. Remarquons que Lapin, Rat, Souris ont des formes géométriques assez semblables, et que la constante k diminue du Lapin à la Souris. GIAJA trouve respectivement 9,75 et 7,82. Cet auteur dit : « la valeur de k est d'autant plus faible que la forme du corps considéré se rapproche plus de la sphère, c'est la forme la plus arrondie des petits animaux par rapport à ceux de forte taille qui est la cause de la moins grande valeur de k des premiers. Cette moindre valeur de k pour les petits animaux compense dans une certaine mesure l'inconvénient de leur faible taille au point de vue de la déperdition calorifique ». Les exemples suivants confirment cette hypothèse :

GELINEO (1934) :		GIAJA (1925) :	
Rat 20-30 g.	$k = 9,53$	Poulet de 30 g.	$k = 6,5$
— 31-52 g.	$k = 10,49$	— de 193 g.	$k = 11,5$
— 64 g.	$k = 11,56$	Lapin de moins de 50 g.	$k = 8,5$
		— de plus de 50 g.	$k = 9,75$

Ce premier argument nous inciterait donc déjà à prendre pour la Souris une valeur de k plus petite que celle du Rat.

Dans un article tout récent relatif aux mesures de surfaces BENEDICT signale les inconvénients auxquels on se heurte dans de telles mesures. Il en est un qui, à notre avis, est de première importance et particulièrement chez une petite espèce telle que

la Souris, c'est celle de l'état de nutrition dans lequel se trouve l'animal au moment de la mesure (1).

Comment peut-on expliquer les divergences entre les valeurs de k données par GIAJA et BENEDICT. Supposons comme il semble logique, que BENEDICT et FOX aient opéré dans les mêmes conditions pour la mesure de la surface que celles qu'ils ont employées pour la mesure du métabolisme basal : jeûne de 10 à 39 heures. A ce moment le poids des animaux correspond donc à celui d'animaux inanitiés et nous avons montré (chapitres I et II) qu'une telle durée (24 h.) place la Souris dans un état qui ne peut plus être considéré comme très normal, l'hypothermie est de l'ordre de 3° et la perte de poids de 14 p. 100.

La peau, par suite la surface de l'animal en un temps aussi court, ne peut pas suivre la variation de poids (2).

Nous croyons que c'est le temps de jeûne plus ou moins prononcé des animaux qui cause en grande partie la divergence entre les valeurs de GIAJA et BENEDICT et FOX.

SMUTS donne pour k la valeur 7.76, il opère sur la Souris après un jeûne de 10 heures qui, à notre avis, est largement suffisant et même un peu supérieur à celui nécessaire pour obtenir un animal en état de repos alimentaire.

L'ensemble des arguments que nous venons d'exposer : valeur décroissante de k avec la taille pour des espèces voisines et de formes géométriques analogues, temps de jeûne correspondant à un début d'inanition (BENEDICT et FOX) nous ont incité à adopter la valeur de k 7.87 trouvée par GIAJA. Mais n'oublions pas que les diminutions importantes de poids chez la Souris au jeûne font que le coefficient k de la formule de MEEH ne s'applique exactement qu'à l'état de nutrition pour lequel la mesure a été effectuée.

Ceci a une importance qui est loin d'être négligeable lorsqu'on se propose de rapporter les mesures d'échanges respiratoires à l'unité de surface. Il ne semble d'ailleurs pas logique comme le signale HÉDON « que l'on doive rapporter les résultats à la surface lorsqu'on travaille avec des animaux amaigris, ce mode de calcul devant conduire à une erreur d'appréciation et faire sous-estimer fortement les échanges ». L'er-

(1) On ne trouve en effet aucune indication relative à l'état de nutrition des animaux dans les mesures de surfaces faites par GIAJA, BENEDICT et FOX.

(2) Bien que ce fait soit a priori évident, des expériences anciennes de RUBNER sur la Souris en fournissant la preuve.

reur est d'autant plus grande que le jeûne est plus prononcé.

Ces remarques étant faites, nous avons tenté de faire une étude intraspécifique de l'influence de la surface chez la Souris à la température extérieure de 21°. On a peu d'études de ce genre, sauf quelques rares expériences sur le Chien et sur le Lapin (RÜBNER, RICHET) et de plus nombreuses expériences sur l'homme dont une étude complète a été entreprise par ATWATER, DUBOIS, BENEDICT et leurs collaborateurs, aussi bien dans des cas anormaux que pathologiques. Mais l'homme homéotherme parfait ne représente qu'un terme moyen de l'échelle des homéothermes. Nous ne savons pas si les choses se passent de même à chaque extrémité de l'échelle des homéothermes.

Il semblait donc intéressant d'entreprendre une étude intraspécifique de la loi des tailles et de la loi des surfaces chez la Souris blanche adulte. Nous avons retrouvé à l'intérieur de la même espèce (Souris) par l'étude des échanges gazeux, les résultats acquis par L. et M. LAPICQUE dans l'étude des consommations alimentaires d'espèces différentes : « l'animal consomme d'autant plus par unité de surface qu'il est plus petit » il n'y a pas simple proportionnalité entre la thermogénèse et la surface, comme le montrent la courbe N° 7 et le tableau N° IX.

A 21°, température peu éloignée de la neutralité thermique (29°-30°) mais pour laquelle déjà, la marge de thermogénèse entre pour une grande part dans la production calorifique (60-70 p. 100), la loi des surfaces n'est pas rigoureusement vérifiée chez la Souris, mais la variation est de peu d'importance, 8 p. 100 une variation de poids de 75 p. 100.

On peut donc dire qu'à l'intérieur même d'une espèce, par conséquent dans les conditions que l'on peut souhaiter les meilleures, la loi des surfaces n'est pas très exactement vérifiée pour une température extérieure quelconque : à 21° par exemple la production calorifique par unité de surface est d'autant plus grande que l'animal est plus petit et peut s'écarter de 8 p. 100 de la valeur fournie par la loi mathématique.

MÉTABOLISME MINIMUM.

Dans un article récent sur le métabolisme basal de la Souris blanche, BENEDICT et FOX passent en revue les travaux antérieurs publiés sur cette question. Ces auteurs calculent le

métabolisme basal d'après les consommations d'oxygène données par les autres auteurs, et notent que bien souvent l'état de nutrition des animaux n'est pas indiqué dans les différents travaux. Malgré cette remarque qui nous semble essentielle, BENEDICT et FOX calculent le métabolisme basal en appliquant quel que soit le cas un Q. R. de 0,72 et un coefficient k de la formule de MEEH égal à 9.

Faisons de suite remarquer l'arbitraire d'un tel mode de calcul. En effet, nous sommes en droit de penser que les animaux employés par les divers auteurs sont à des états de jeûne différents, ce qui entraîne, si les temps de jeûne sont un peu prolongés, une variation de la température interne de l'animal qui peut être très notable, donc dans ces conditions l'homéothermie n'est pas conservée. C'est ainsi que dans le chapitre II nous avons vu qu'après 24 heures de jeûne la température de la Souris baisse d'environ 3°. DAVIS et VAN DYKE signalent eux aussi des baisses de 1°6 à 3°5 pour des jeûnes de 18 à 48 heures.

D'autre part nous avons précédemment montré qu'il était impossible d'adopter une valeur fixe pour k quel que soit l'état de nutrition de l'animal envisagé.

Si les Souris sur lesquelles ont opéré les différents auteurs sont à un jeûne moins prolongé que celui des animaux sur lesquels BENEDICT et FOX ont effectué personnellement leur mesure, l'emploi du coefficient thermochimique de l'oxygène qui correspond à un Q. R. égal à 0,72 aura pour effet de donner une production calorique moins grande en valeur absolue, d'autre part, en employant k égal à 9, on surestimera la valeur de la surface ; ces deux faits ont un effet additif sur la sousestimation de la valeur du métabolisme basal par $m^2/24$ h.

Ces réserves étant faites, voyons les résultats de la revue d'ensemble de BENEDICT et FOX : les valeurs du métabolisme de base calculées d'après les données des différents auteurs sont très variables et s'étagent de 622 à 1359 Cal/ $m^2/24$ h.

Ces résultats très différents ont engagé BENEDICT et FOX à faire de nouvelles mesures sur le métabolisme basal de la Souris.

BENEDICT et FOX, d'après leurs propres recherches sur la Souris croient pouvoir fixer cette valeur à un niveau beaucoup plus bas. En opérant sur des animaux au jeûne depuis 10 à 39 heures, ces deux auteurs fixent la valeur du métabolisme de base à 640 Calories $m^2/24$ h.

Nous avons repris, dans les mêmes conditions expérimentales de ces auteurs, une étude sur des animaux au jeûne depuis 20 heures et nous avons trouvé une valeur de 680 Calories par $m^2/24$ h. en prenant k égal à 9. Nous sommes donc d'accord sur les résultats pour des conditions expérimentales semblables à celles qu'ont employées BENEDICT et Fox. Nous avons personnellement établi et reconnaissons les effets d'une adaptation préalable de l'animal à la température de la neutralité thermique.

Mais où notre point de vue diffère, c'est sur les autres conditions employées pour cette étude. En effet peut-on appeler métabolisme basal de la Souris les valeurs trouvées après un temps de jeûne aussi long. Le métabolisme basal implique la conservation de l'homéothermie et nous avons vu combien le jeûne place rapidement la Souris en hypothermie. Ceci est à notre avis une raison suffisante pour retirer toute signification profonde aux valeurs de BENEDICT et Fox. Bien qu'il soit un peu arbitraire de parler de métabolisme basal pour la Souris, nous avons cherché à établir la valeur du métabolisme minimum sur plusieurs Souris adaptées à 30° , en état de repos alimentaire et gardant une immobilité parfaite pendant les mesures. Nos animaux ont conservé une température normale et dans ces conditions nous avons trouvé comme valeur la plus basse 870 Calories/ $m^2/24$ h., nous avons employé pour k la valeur qui correspond environ au temps de jeûne imposé à nos animaux ($k = 7,87$).

On voit donc que si l'on prend la précaution d'adapter préalablement des animaux à la température de la neutralité thermique, le métabolisme minimum par $m^2/24$ h. est inférieur à 1000 Calories.

CONCLUSIONS.

L'étude des échanges respiratoires chez la Souris blanche adulte montre que : chez cet animal au jeûne avec eau, on peut mettre en évidence le fait général du jeûne, signalé par TIGERSTEDT : « les échanges respiratoires rapportés au kilogramme-heure se présentent comme remarquablement constants ». Au cours d'un jeûne de quelques heures, la Souris consomme rapidement ses réserves glucidiques. Un animal venant de se nourrir, baisse rapidement son quotient respiratoire, de 0.92 à 0.72 après 6 heures de jeûne,

Le mouvement et l'agitation se marquent d'une façon très prononcée sur les échanges de la Souris, c'est ainsi que pour la température extérieure de 21° la valeur de la thermogénèse minima d'un animal de 25-26 g. en repos complet est de 17.8 Calories par kg.-h., alors qu'elle atteint, chez un animal de même poids très agité 39.5 Calories. Ainsi donc à 21° entre deux animaux de même poids l'un absolument calme et l'autre extrêmement agité la thermogénèse peut varier de 120 p. 100.

Ces valeurs correspondent nécessairement à une variation de la température corporelle, des mesures simultanées ne peuvent être effectuées, mais par recoupement on peut dire que la variation de température interne peut atteindre dans ces conditions 3°5.

La petite taille de la Souris fait qu'elle est très sensible aux variations de température extérieure, sa marge de thermogénèse est très importante ; pour une Souris de 25-26 g. une variation de 1° de la température extérieure (entre 5° et 30°) se marque par une variation d'environ 4 p. 100 de sa dépense énergétique moyenne.

La thermogénèse est minima à 30° (température de la neutralité thermique).

Une Souris de 25-26 g. au repos absolu à 30° donne une production calorique de 10.05 Cal./kg.-h., tandis qu'une Souris de même poids très agitée à 21° donne 39.3 Calories. En admettant que la thermogénèse ait atteint dans ce cas son maximum, on voit qu'elle peut varier de 300 p. 100 sur sa valeur minima.

A l'intérieur de l'espèce Souris, l'étude d'animaux de taille différente fait apparaître une loi des tailles à 21° : les thermogénèses pour des animaux en repos relatif sont respectivement de 29,3 Calories pour une Souris de 17,5 g. et 22,1 Calories pour une Souris de 35 g.

La variation de thermogénèse en fonction de la température extérieure est beaucoup plus prononcée chez les petits animaux que chez les grands : pour une variation de 1° de la température extérieure la production calorique varie de 1.2 Calorie par kg.-h. (Souris de 18 g.) à 0.5 Calorie (Souris de 31 g.).

Comme la perte de poids de la Souris au cours du jeûne est très importante, on voit l'inconvénient de rapporter les résultats à la surface, celle-ci ne suivant que très imparfaitement les variations du poids. Le coefficient k reliant la surface au poids dans la formule de MEEH ayant été calculé pour un état

de nutrition bien déterminé, l'application de ce coefficient k à un état quelconque d'alimentation apporte une erreur dans les résultats, d'autant plus considérable que l'animal est plus petit. La mesure du poids pouvant être faite à tout moment et d'une manière exacte, il est donc logique de rapporter les échanges respiratoires au kilo d'animal et cela principalement au cours du jeûne.

Pour une même espèce animale : Souris blanche adulte, les animaux étant dans des conditions extérieures semblables — température extérieure et fourrure identiques, la loi des surfaces n'est pas rigoureusement vérifiée : en effet, pour une température extérieure de 21° , à une variation de 75 p. 100 du poids de l'animal correspond une variation de 8 p. 100 de la thermogénèse par unité de surface.

Le pouvoir dépensier de la Souris est donc d'autant plus grand que l'animal est plus petit.

CHAPITRE V.

La thermolyse et ses variations chez la Souris blanche adulte.

Les différentes formes de la thermolyse.

L'organisme de l'animal, est le siège incessant de combustions qui sont la source de sa production calorique (thermogénèse).

Chez un animal homéotherme, la production calorique est égale à la déperdition (thermolyse).

La déperdition calorique peut s'effectuer sous deux formes :

1° sous forme latente (évaporation d'eau) qui est maxima pour les températures extérieures élevées.

2° sous forme sensible (rayonnement, conduction, convection) qui au contraire est maxima pour les températures extérieures basses.

Il est intéressant, connaissant les puissances thermogénétiques maxima et minima de la Souris, de connaître les variations possibles de la puissance thermolytique qui leur correspondent.

La thermolyse latente peut être facilement mesurée par la méthode de HALDANE. Nous nous sommes contentés de calculer la thermolyse sensible en retranchant la thermolyse latente de la valeur trouvée pour la thermogénèse (1).

(1) Le calcul exact de la chaleur sensible ne peut être fait que si l'on connaît les variations de la température corporelle de l'animal au cours de la mesure. On admet que la chaleur spécifique d'un animal est de 0,83. De la chaleur sensible calculée (thermogénèse-thermolyse latente) on retranche la chaleur nécessaire pour élever la température de 1 kg. d'animal (les résultats étant calculés par kg.-h.) si la température de cet animal s'est élevée, au contraire, on ajoute la quantité de chaleur qui correspond au refroidissement de 1 kg. d'animal si la température du sujet a baissé.

Constance de l'eau évaporée.

L'importance de l'évaporation cutanée dans la régulation thermique est apparue dès 1750. Le fait était donc anciennement connu, mais sa relation étroite avec les échanges respiratoires a été longtemps masquée pour différentes raisons d'ordre expérimental. En effet : l'eau évaporée et les échanges respiratoires sont fonction du degré d'humidité de l'air inspiré par l'animal ; tout comme les échanges gazeux, l'eau évaporée est fonction de la température extérieure.

L'élimination ou le maintien à un taux donné des différents facteurs : humidité, température extérieure, absorption d'eau, ont permis à BENEDICT et ROOT de mettre en évidence le fait suivant : l'eau extrarénale émise par l'homme dans des conditions déterminées est, tout comme la consommation d'oxygène, une constante caractéristique pour une température déterminée. Ces auteurs disent qu'il existe une relation étroite entre l'élimination d'eau extrarénale et le métabolisme (échanges respiratoires) et que l'un étant connu on peut en déduire le second.

Ce fait a été successivement vérifié par André MAYER et G. NICHITA sur le Lapin et par Ch. KAYSER sur le Pigeon. Nous nous proposons d'en faire l'étude chez la Souris.

Mesure de l'eau évaporée par la Souris.

CONDITIONS DES EXPÉRIENCES.

L'émission d'eau étant fonction du degré d'humidité de l'air inspiré, on doit donc pour faire des mesures qui aient une signification, opérer à un taux déterminé d'humidité. Nous nous sommes arrêtés à l'emploi d'une atmosphère sèche qui est d'une réalisation facile, et qui a de plus l'avantage de déterminer l'émission d'eau maxima.

Le brassage de l'air est nécessaire, pour que l'atmosphère entourant l'animal soit bien connue — air sec et sans gaz carbonique — il doit être suffisant, mais ne pas exposer l'animal à un courant d'air susceptible de modifier ses réactions. C'est pourquoi comme nous l'avons dit plus haut, le récipient où se trouve l'animal étant d'environ 300 cm³, nous avons réalisé un courant d'air de 25 litres à l'heure, soit 80 fois le volume du

réceptif. Dans ces conditions l'entraînement de l'eau émise est total et le courant d'air ne gêne aucunement l'animal.

La méthode de HALDANE qui a été utilisée pour mesurer la consommation d'oxygène de la Souris a l'avantage de donner directement l'eau émise par la peau et par les poumons, il faut naturellement qu'il n'y ait eu aucune évacuation d'urine pendant la durée expérimentale. Toutes les remarques relatives à la méthode employée ont été faites au cours de l'exposé des techniques.

L'émission d'eau est mesurée directement, on en déduit la chaleur latente émise en multipliant la chaleur de vaporisation de l'eau à la température de l'animal par le poids d'eau mesuré. Les calculs ont été rapportés d'une part au kilogramme d'animal, d'autre part au décimètre carré de surface.

Existe-t-il une relation entre l'émission d'eau extrarénale et la consommation d'oxygène ?

L'émission d'eau extrarénale suit-elle exactement le métabolisme comme l'établissent BENEDICT et ROOT ? Cette relation est-elle générale pour tous les homéothermes ? La liaison est-elle réelle ou apparente ?

C'est ce que nous nous proposons d'étudier chez la Souris au jeûne et après examen de l'influence de différents facteurs.

I. — Influence de la nutrition.

JEÛNE.

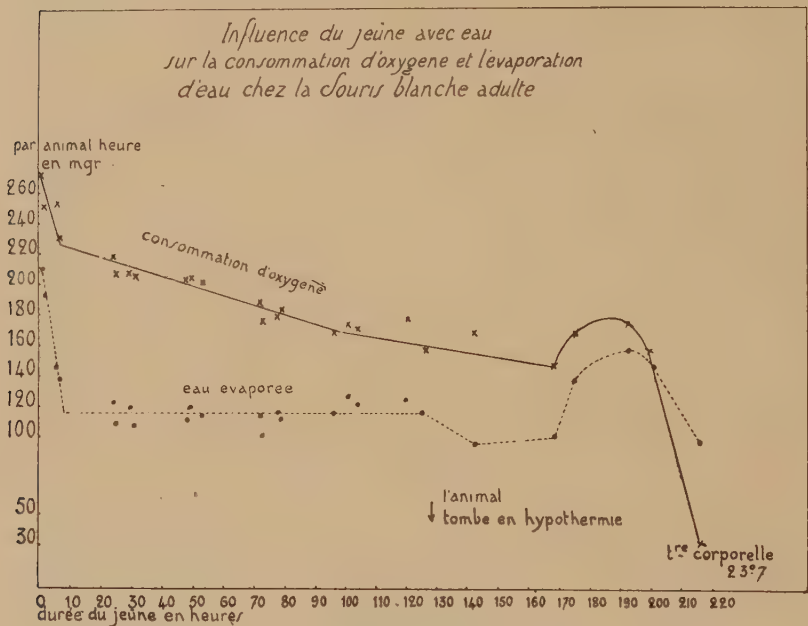
Parmi les animaux étudiés, prenons l'exemple choisi à propos de l'étude de la thermogénèse : la Souris N° 73 de 26,3 g. L'émission d'eau passe de 4,38 à 3,29 g. par kg.-h. après 8 heures de jeûne, c'est-à-dire varie de 25 p. 100 alors que la thermogénèse ne varie que de 19 p. 100. Ce fait est général pour les premières heures de jeûne ; les variations de l'émission d'eau sont légèrement supérieures à celles de la thermogénèse.

a) *Inanition.* — Le jeûne total ne peut guère nous donner de résultats précis — puisque l'animal tombe rapidement en hypothermie — mais remarquons que si les premières heures du jeûne marquent un abaissement plus rapide de l'émission d'eau que de la thermogénèse, par la suite c'est la thermogénèse qui décroît plus rapidement.

JEÛNE ET INANITION AVEC EAU.

On ne peut prolonger la vie d'un animal au jeûne que s'il dispose d'eau, nous avons donc étudié une Souris (N° 128) au jeûne avec eau. Une fois la période initiale du jeûne terminée, alors que la consommation d'oxygène rapportée au kilogramme-heure suit la loi de TIGERSTEDT, l'émission d'eau au contraire s'accroît constamment tant que l'animal se maintient homéotherme.

Les résultats expérimentaux se trouvent dans le tableau général N° VI et les courbes 3 et 6.



COURBE N° 6.

On constate (courbe N° 3) que passée la période initiale du jeûne, l'émission d'eau par kg.-h. croît au fur et à mesure que le poids diminue jusque vers la 130^e heure, perte de l'homéothermie. Si l'on exprime les résultats par animal-heure, on voit que dès les premières heures (courbe N° 6), l'émission d'eau subit une baisse de 44,7 p. 100, elle passe de 208 mg. à une moyenne de 115 mg. ; elle reste ensuite constante à 11 p.

100 près jusqu'à l'apparition de l'hypothermie vers la 130^e heure. A partir de ce moment elle subit une nouvelle baisse d'environ 15 p. 100 jusqu'à la période prémortelle pendant laquelle l'émission d'eau croît comme la consommation d'oxygène, puis décroît à nouveau, mais beaucoup moins que les échanges respiratoires.

Si la relation entre la valeur du métabolisme et l'émission d'eau extrarénale est directe, une variation de l'un doit entraîner une variation proportionnelle de l'autre. Si ce fait n'est pas vérifié, c'est que les deux facteurs ne sont pas liés directement, chacun d'eux étant pour une certaine part fonction de grandeurs différentes. C'est en effet ce que semble prouver l'étude du jeûne : alors que la consommation d'oxygène rapportée au kilogramme-heure reste constante avec la diminution de poids de l'animal, l'émission d'eau par kg.-h. croît constamment. L'émission d'eau dépend donc d'une grandeur qui au cours du jeûne ne subit que des variations peu appréciables par rapport aux variations de poids. L'évaporation d'eau, chez un animal, est entre autres sous la dépendance du degré d'humidité de l'air inspiré (constant dans nos expériences), de la température extérieure (également constante 21°) — et d'autre part de la grandeur de la surface. Au cours du jeûne, si le poids diminue, la surface absolue de l'animal (peau, poils et bronches) ne subit guère de variations, et en tous cas varie infiniment moins vite que le poids.

On voit donc qu'en première approximation si les échanges respiratoires sont fonction du poids de l'animal, la sortie d'eau extrarénale est fonction de la surface. Il est vrai que la surface est une fonction du poids ainsi que l'exprime la formule de MEEH : $S = k^3 \sqrt{p^2}$. Sans mettre en doute le fait d'une relation entre le métabolisme et la sortie d'eau extrarénale, il semble incontestable que la liaison ne soit pas directe.

II. — Influence du mouvement.

Le mouvement accroit notablement la production calorifique de l'animal, la ventilation et la température corporelle. Ces variations ont naturellement un retentissement sur l'émission d'eau.

Reprenons pour la Souris, les exemples déjà donnés à propos de la thermogénèse, les animaux étant soit en état de mouvement soit en état de repos relatif ou absolu.

N° Souris	Poids en g.	H ₂ O par kg.-h.		Augmentation en p. 100	
		mouvement	repos relatif	Thermolyse latente	Thermogénèse
40	22,14	8,48	4,04	+ 110	+ 54,2
31	25,06	7,82	5,40	+ 44,8	+ 31,2
13	25,22	8,40	4,92	+ 70,8	+ 26,6
146	19,12	11,08	repos absolu 4,10	+ 170	+ 81,5

Nous voyons que la variation relative de l'émission d'eau est supérieure à celle de la thermogénèse. L'évaporation cutanée et pulmonaire est en effet un moyen de défense pour lutter contre l'échauffement possible dû à l'accroissement des combustions beaucoup plus important que ne peut l'être le rayonnement direct ou indirect. Nous étudierons dans le chapitre VII consacré à la thermorégulation si ce mécanisme est efficace et suffisant chez la Souris pour maintenir l'homéothermie. Retenons simplement pour le moment qu'une augmentation des échanges due au mouvement entraîne une augmentation relativement plus grande de l'émission d'eau.

III. — Influence de la température extérieure.

Il ressort des chiffres ci-dessous qu'à une température extérieure déterminée l'émission d'eau à une valeur sensiblement constante (1).

Souris n° 41, poids : 24,18 g.

Souris n° 44, poids : 25,89 g.

Date	Eau par kg.-h. en g.	Date	Eau par kg.-h. en g.
7 septembre ...	5,15	28 novembre...	5,20
9 octobre.....	5,13	30 novembre...	5,75
6 octobre.	4,88		
Moyenne.....	5,05	Moyenne	5,48

(1) Nous voudrions signaler ici que si, sur un intervalle de temps d'environ une heure, l'émission d'eau est sensiblement constante, elle n'est pas cependant absolument régulière. C'est ainsi que sur un animal présentant un Q. R. de 0,76 c'est-à-dire à peu de chose près celui des graisses, pour lequel la perte de poids représente la quantité d'eau émise par évaporation, nous avons pu, en suivant seulement la perte de poids en fonction du temps, constater qu'à 21°, l'évaporation d'eau varie de 0,8 mg./minute à 7 mg./minute.

Il en est de même pour des animaux de même poids.

N ^o	Poids en g.	Eau par kg.-h. en g.
Souris n ^o 79 ...	25,31	5,35
— 40 ...	25,62	5,22
— 31 ...	25,77	5,40
— 44 ...	25,89	5,48

Donc l'émission d'eau extrarénale, tout comme la consommation d'oxygène et la sortie de gaz carbonique peut être considérée comme une constante caractéristique d'un animal d'espèce définie dans des conditions déterminées.

EMISSION D'EAU AUX DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES.

Comme l'eau extrarénale est une eau évaporée, la quantité émise est fonction de la température extérieure, chez la Souris elle passe par un minimum pour une température extérieure de 18°-20°. Pour les températures plus basses elle augmente et on peut penser que cela est dû à une plus grande ventilation de l'animal. En effet, l'eau émise a deux origines : l'une cutanée, l'autre pulmonaire ; JACQUOT et André MAYER ont montré que la part de cette dernière s'élève aux basses températures. Remarquons que le minimum trouvé pour la Souris correspond à la température à laquelle les animaux vivent et sont adaptés (18°), on peut penser que ce minimum correspond à une adaptation économique de la thermolyse.

Entre 12° et 25° (tableau N° VIII) l'émission d'eau est constante à 10 p. 100 près. Ce n'est qu'à partir de 25° que la thermolyse latente joue un rôle important dans la régulation. Si la température s'élève au-dessus de 30°, l'émission d'eau devient très forte : à 32°, la chaleur totale émise par un animal de 24.2 g. est de 27.25 Calories (par kg.-h) la chaleur latente atteint alors 15,6 Calories, soit 58 p. 100 de la chaleur produite. Il semble d'ailleurs que ce soit là le maximum d'eau que la Souris puisse émettre.

SUPPRESSION DU RAYONNEMENT.

L'étude de l'influence de la température extérieure chez la Souris, montre qu'elle ne peut pas supporter des températures extérieures élevées : elle meurt. La Souris semble atteindre rapidement sa puissance thermolytique latente maxima et elle ne peut supporter une élévation notable de sa température corporelle. Nous pouvons dès lors nous demander si dans les expériences rapportées plus haut nous avons atteint le maximum de thermolyse latente que la Souris puisse mettre en jeu. C'est ce que nous nous proposons d'étudier en supprimant la thermolyse sensible, ou tout au moins en la réduisant beaucoup, en plaçant notre animal dans un vase de DEWAR-D'ARSONVAL argenté.

Dans ces expériences le vase de DEWAR remplace la cage dans laquelle sont placées les Souris pour la mesure des échanges respiratoires. Nous voulons signaler d'abord que dans ces conditions la Souris élève très rapidement sa température interne : en 1 heure nous la voyons souvent monter de 3° et atteindre 41°. Il arrive même, si l'animal est de poids élevé, que l'absence de rayonnement entraîne la mort du sujet. Toutefois l'hyperthermie est extrêmement fugace : l'animal sorti du vase de DEWAR reprend en 5 minutes sa température normale.

Des mesures d'échanges gazeux ont été faites sur les Souris N^{os} 73 et 86 dans le dewar argenté pris au départ à la température du laboratoire ou chauffé préalablement.

Date	Poids en g.	En g. par kg.-h.			H_2O/O_2	Q.R.	Température			Calories par kg. h.		
		CO_2	O_2	H^2O			Expérience	Souris		Thermogénèse	Thermolyse	
								Début	Fin		latente	sensible
28 avril..	22,30	7,35	5,71	7,40	1,30	0,93	25°8	37°	38°4	19,80	4,30	15,50
2 mai...	21,95	6,97	6,21	9,55	1,54	0,82	27°	37°6	40°7	21,0	5,56	15,44
6 — ..	23,47	6,59	5,72	12,20	2,13	0,84	30°8	37°9	41°	19,35	7,07	12,28
7 — ..	23,44	7,12	5,92	15,35	2,59	0,87	32°	38°	41°3	20,25	8,90	11,35
										↓ poils mouillés		
								3' après expér.		38°8		
								8' — —		37°5		
								13' — —		37°		

Nous avons déjà vu un moyen de diminuer le rayonnement direct d'un animal en augmentant la température extérieure et nous avons noté que dans ce cas la thermolyse latente atteignait 58 p. 100 de la production calorique.

Si nous diminuons le rayonnement en plaçant l'animal dans un vase de DEWAR, nous voyons que la thermolyse latente atteint 52 p. 100 de la production calorique (Souris N° 86 de 24,53 g. dont la thermogénèse est de 20,75 Calories par kg.-h. et la thermolyse latente de 10,8 Calories kg.-h.). Il est évident que dans ce cas l'animal a atteint sa thermolyse latente maxima puisque sa température interne augmente. Nous avons donc tout lieu de croire que le maximum de chaleur que la Souris peut évacuer par voie latente est d'environ 60 p. 100 de sa production calorique.

Marge de thermolyse latente.

L'examen des valeurs extrêmes obtenues, pour la thermolyse latente au cours de nos recherches, nous permet de calculer, quelle est la marge de thermolyse latente dont la Souris peut disposer pour la régulation de sa température. Les valeurs extrêmes sont celles mesurées au cours de l'influence de la température extérieure.

N° des Souris	Poids en g.	Température extérieure	H ² O par kg.-h. en g.	
41	24,08	32°	27,00	} Variation de 730 p. 100
143	25,13	26°5	3,26	

On peut donc considérer que la marge de thermolyse latente de la Souris peut atteindre 700 p. 100 de la valeur minima.

IV. — Influence de la taille.

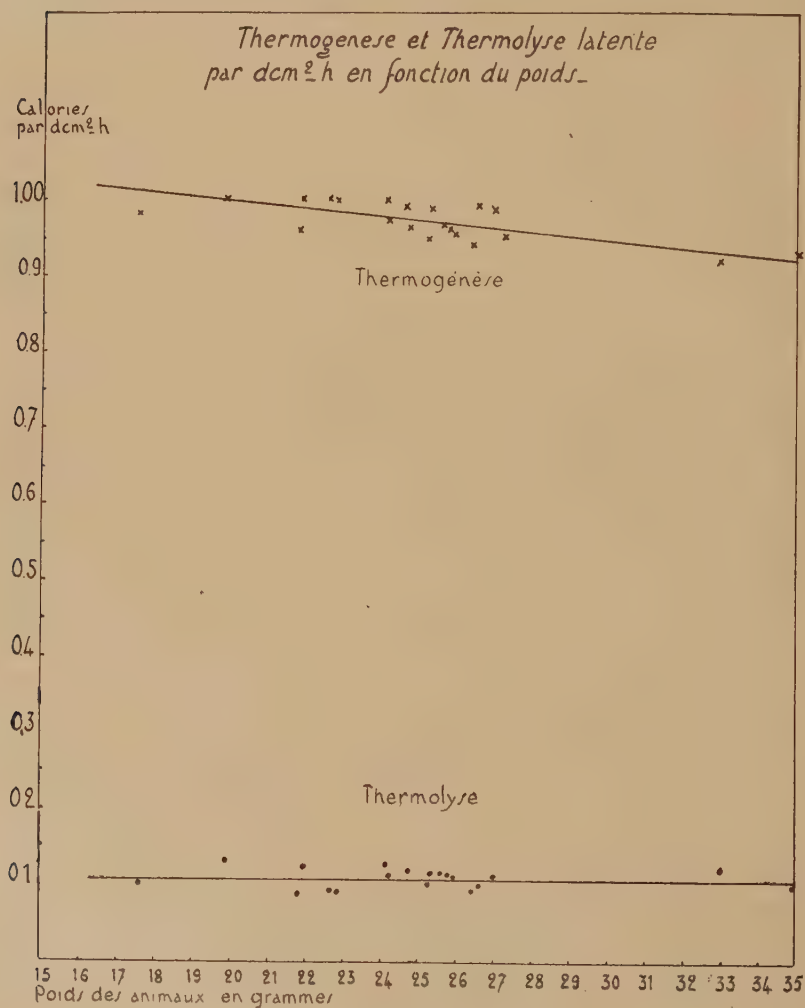
Si nous prenons (tableau IX) les poids extrêmes rencontrés au cours de notre étude (Souris N°s 21 et 119) nous voyons qu'à une variation de 100 p. 100 du poids correspond une diminution d'évaporation d'eau de 20,9 p. 100 (par kg.-h.).

Il existe donc une loi des tailles pour l'évaporation de l'eau comme pour la consommation d'oxygène, mais la grandeur des

variations n'est pas la même, en effet, pour une augmentation de poids de 100 p. 100 la thermogénèse et la thermolyse latente diminuent respectivement de 32.5 et 20.9 p. 100.

V. — Influence de la surface.

Si l'on calcule la thermolyse latente par unité de surface du corps et que l'on trace la courbe correspondante (courbe N° 7) on constate que celle-ci est une droite parallèle à l'axe des abscisses (poids des animaux) : l'émission d'eau est donc sensiblement proportionnelle à la surface de l'animal.



COURBE N° 7.

Souris n°	Poids g.	Thermolyse latente par dcm ² -h en Calories	Souris n°	Poids g.	Thermolyse latente par dcm ² -h. en Calories
21	17,53	0,108	79	25,31	0,117
91	19,84	0,134	40	25,62	0,120
40	21,79	0,092	31	25,77	0,118
77	21,90	0,129	44	25,89	0,112
40	22,72	0,094	61	26,38	0,093
74	24,09	0,132	73	26,55	0,101
41	24,18	0,116	63	27,00	0,115
3	24,75	0,122	26	32,98	0,126
13	25,24	0,105	119	35,05	0,105

CONCLUSIONS.

Au cours des premières heures du jeûne, la thermolyse latente chez la Souris diminue plus rapidement que la thermogénèse. Pendant la période d'état du jeûne avec eau, la thermolyse latente reste constante en valeur absolue, l'eau émise n'est donc pas en rapport direct avec le poids de l'animal, elle est liée à une grandeur qui ne varie sensiblement pas au cours du jeûne, sans doute la surface.

L'émission d'eau par évaporation pour une température donnée est à peu de chose près constante pour une Souris de poids donné ; les variations sont cependant légèrement supérieures à celles de la thermogénèse, mais n'apportent guère de modifications dans le rapport thermolyse latente à thermogénèse, celui-ci étant à 21° voisin de 1/9.

Le mouvement et l'agitation modifient la thermolyse latente, celle-ci augmente relativement plus vite que la thermogénèse.

Comme la thermogénèse, la thermolyse latente augmente avec la température extérieure, mais son minimum est à 18-20° alors que le minimum de la thermogénèse est à 30°.

Entre 12-25° la thermolyse latente est sensiblement constante et croît très rapidement à partir de 28°. Il faut remarquer que le minimum de thermolyse latente se place à la température extérieure à laquelle les animaux sont élevés.

Vers 32-33° la thermolyse latente semble avoir atteint sa limite maxima, elle représente alors 58 p. 100 de la valeur de la thermogénèse.

Les variations extrêmes de la puissance thermolytique latente sont de l'ordre de 700 p. 100 par rapport au minimum.

Si l'on supprime le rayonnement, en plaçant l'animal dans un vase de DEWAR-D'ARSONVAL ventilé suffisamment, la thermolyse latente ayant atteint son maximum, l'animal meurt, par hyperthermie, d'autant plus vite qu'il est plus grand.

Comme la thermogénèse, la thermolyse suit une loi des tailles, l'émission d'eau rapportée au kg.-d'animal est d'autant plus importante que l'animal est plus petit.

Rapportée à l'unité de surface, l'émission d'eau chez la Souris semble constante, pour une température extérieure déterminée (21°) quelle que soit la taille de l'animal.

CHAPITRE VI.

Variations de la thermogénèse et de la thermolyse chez la Souris sous l'influence de certains facteurs.

Nous avons réuni dans ce chapitre les différentes mesures de thermogénèse que nous avons pu faire sur la Souris sous l'influence des variations de tensions d'oxygène et d'acide carbonique et pendant l'action de quelques agents pharmacologiques.

Nous nous croyons autorisés à réunir dans ce chapitre spécial ces différentes expériences puisque, comme on le verra par la suite, l'animal perd plus ou moins son homéothermie.

Des expériences de cet ordre présentent l'intérêt de nous permettre d'atteindre le minimum d'échanges compatibles avec la survie.

On trouvera au début de ce chapitre nos mesures de thermogénèse sur la Souris placée dans un milieu à teneur à gaz carbonique élevée. Nous exposerons ensuite nos résultats lorsque la teneur en oxygène est basse. Puis nous envisagerons l'action de divers agents pharmacologiques, dinitrophénol (1-2-4), strychnine, pilocarpine, atropine et amytal qui augmentent ou diminuent les dépenses énergétiques de l'animal. Ces agents sont susceptibles de nous renseigner sur les variations possibles et de la thermogénèse et des différentes formes de la thermolyse. Nous terminerons ce chapitre par l'exposé de quelques résultats acquis au cours du réchauffement des animaux refroidis préalablement par un séjour prolongé à une très basse température.

Asphyxie.

Sous le terme asphyxie, on avait coutume de considérer deux phénomènes : asphyxie par manque d'oxygène et asphy-

xie par accumulation de gaz carbonique. L'accord est maintenant unanime, pour reconnaître que dans l'asphyxie la mort provient du manque d'oxygène et que le gaz carbonique n'est pas la cause déterminante (GRÉHANT).

CORDIER, MAGNE et A. MAYER ont montré qu'il fallait distinguer nettement l'anaérobiose pure (absence d'O²) et l'intoxication carbonique pure ; la première permet de faire la part respective des deux phénomènes : anaérobiose et aérobiose, et fait apparaître l'existence d'un « oxygen debt » ; la deuxième diminue simultanément les deux phénomènes sans amener de dette d'oxygène.

Ce sont les résultats de ces deux genres d'asphyxie sur la Souris qui vont être maintenant exposés.

I. — Influence des concentrations croissantes de gaz carbonique.

On peut considérer l'acide carbonique comme excitant des centres bulbaires, et comme poison tissulaire diminuant les combustions. Suivant le pourcentage de gaz carbonique dans l'air respiratoire l'une ou l'autre action prédomine. Pour de faibles concentrations les échanges respiratoires de sujets normaux (REGNAULT et REISET, LOEWY, MIESCHER, L. FREDERICQ, d'ARSONVAL) sont augmentés, mais si le système nerveux est détruit par exemple chez la Grenouille (M. OZORIO DE ALMEIDA) ou le bulbe coupé chez le Lapin (CORDIER, MAGNE et MAYER) on constate une diminution notable des échanges, mais pour O. DE ALMEIDA les résultats ne sont pas constants. Pour des doses moyennes, l'action du CO² se traduit par une diminution des échanges (RAOULT, Paul BERT, HALDANE et SMITH).

Les doses fortes ont été employées comme anesthésiques (Paul BERT, GREHANT, SIMPSON).

Paul BERT concluait déjà que « la tension croissante de CO² dans l'air maintient une proportion croissante du même gaz dans le sang si bien que l'acide carbonique produit dans la profondeur des tissus reste dans ces tissus, il résulte de cette accumulation un ralentissement progressif des oxydations intra-organiques d'où comme conséquence un abaissement de la température du corps... L'acide carbonique est un produit d'excrétion universelle de toutes les cellules vivantes, sa présence empêche l'excrétion et arrête par conséquent, en y opposant

un obstacle terminal toute la série des transformations chimiques constituant de la vie ».

CORDIER, MAGNE et MAYER dans leur étude de l'action du CO^2 sur les échanges respiratoires ont montré que ceux-ci sont diminués dans leur intensité et non dans leur nature. Il n'y aurait pas au cours de cette action, accumulation de produits intermédiaires et en ramenant l'animal à l'air normal on ne constate pas de passif d'oxygène tel que FLECHTER et HOPKINS le remarquent après une période de vie anaérobie.

Nous avons repris l'étude de l'influence du gaz carbonique sur les échanges de la Souris, le problème a été limité aux échanges respiratoires.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE.

Méthode de mesure.

Dans une étude de ce genre, il serait vain de chercher à mesurer par la méthode de HALDANE l'émission d'eau parallèlement aux échanges gazeux. Il est en effet nécessaire dans cette méthode de faire une circulation gazeuse de 25 à 30 litres à l'heure pour entraîner l'eau et les gaz formés, l'acide carbonique dû à la respiration de la Souris ne représente alors qu'une très petite part du gaz carbonique total entraîné et l'erreur possible sur la mesure est beaucoup trop grande pour pouvoir tenir compte des résultats obtenus par cette méthode. Nous nous sommes donc contentés de mesurer par la méthode de confinement l'oxygène consommé et le gaz carbonique produit en partant d'un gaz de composition connue. L'expérience dure une heure et se termine à une tension de CO^2 plus élevée au maximum de 1 p. 100.

Un grand dessiccateur de 15 litres, dont le volume a été exactement mesuré, est chargé du gaz à étudier, préparé d'avance par le mélange de CO^2 , d'air normal et d' O^2 . Seul le pourcentage de CO^2 est variable, on s'arrange toujours de façon qu'au départ la tension d' O^2 soit très voisine de celle de l'air normal. Le dessiccateur est muni d'un bouchon rodé assez large pour permettre l'introduction d'une Souris, dans ce bouchon creux est suspendu un thermomètre destiné à donner la température de l'enceinte au cours de la manipulation (voir figure).

On termine le chargement du gaz à étudier en réalisant une légère surpression dans le dessiccateur, de façon qu'à l'ouverture de celui-ci pour introduire l'animal, ce soit du gaz qui s'échappe et non de l'air qui entre. A la suite du dessiccateur est branché un robinet à 3 voies permettant de mesurer la pression, d'effectuer le brassage du gaz grâce à une seringue de 150 cm^3 et de réaliser la prise

de gaz à analyser. Les analyses sont faites dans l'appareil de LAULANIE PLANTEFOL.

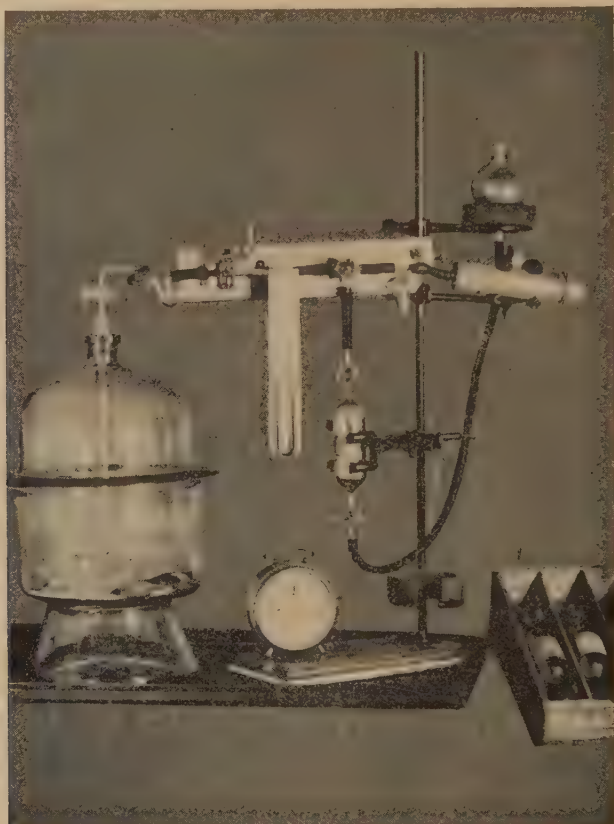


FIGURE III.

Mise en route d'une expérience.

L'animal est introduit, aussi rapidement que possible, dans le dessiccateur chargé du gaz à étudier. On brasse 30 fois le gaz au moyen de la seringue, puis on fait une prise de gaz par déplacement de mercure dans un jeu d'ampoules. On note la pression atmosphérique, la pression dans le dessiccateur, puis on maintient celui-ci à température constante pendant la mesure soit 1 heure. Ce temps écoulé, on effectue à nouveau les différentes manipulations du début, pression atmosphérique, pression du dessiccateur, brassage,

prise de gaz. Le poids et la température de l'animal sont pris au début et à la fin de chaque expérience (1).

Pour avoir au cours d'une même manipulation les échanges gazeux et l'émission d'eau, on pourrait opérer de la manière suivante : peser l'animal avant et après la mesure des échanges gazeux par la méthode de confinement, et connaissant ceux-ci, en déduire par différence l'eau émise. Mais l'expérience ne donne pas des résultats satisfaisants, car il peut y avoir condensation d'eau sur la fourrure de l'animal et émission d'urine ou de fèces au cours de la mesure des échanges.

On pourrait aussi faire d'une part les échanges gazeux par confinement et d'autre part mesurer l'eau émise par la méthode de HALDANE, mais l'expérience prouve que l'animal ne réagit pas d'une façon constante à une même teneur en gaz carbonique. Par cette méthode on ne peut avoir qu'un ordre de grandeur de l'importance de la relation entre l'eau émise et l'oxygène consommé. Nous donnons donc simplement à titre d'indication le résultat suivant :

Un même animal (Souris N° 13) qui dans l'air normal a une émission d'eau de 4,73 g. par kg.-h., donne pour une tension moyenne de 10 p. 100 de CO_2 9,2 g. d'eau par kg.-h. ; la variation est donc du simple au double, alors que les échanges pendant ce temps n'ont baissé que de 15 à 20 p. 100. L'émission d'eau augmenterait donc avec la tension de CO_2 . Cette variation peut d'ailleurs s'expliquer par une augmentation importante de la ventilation (polypnée).

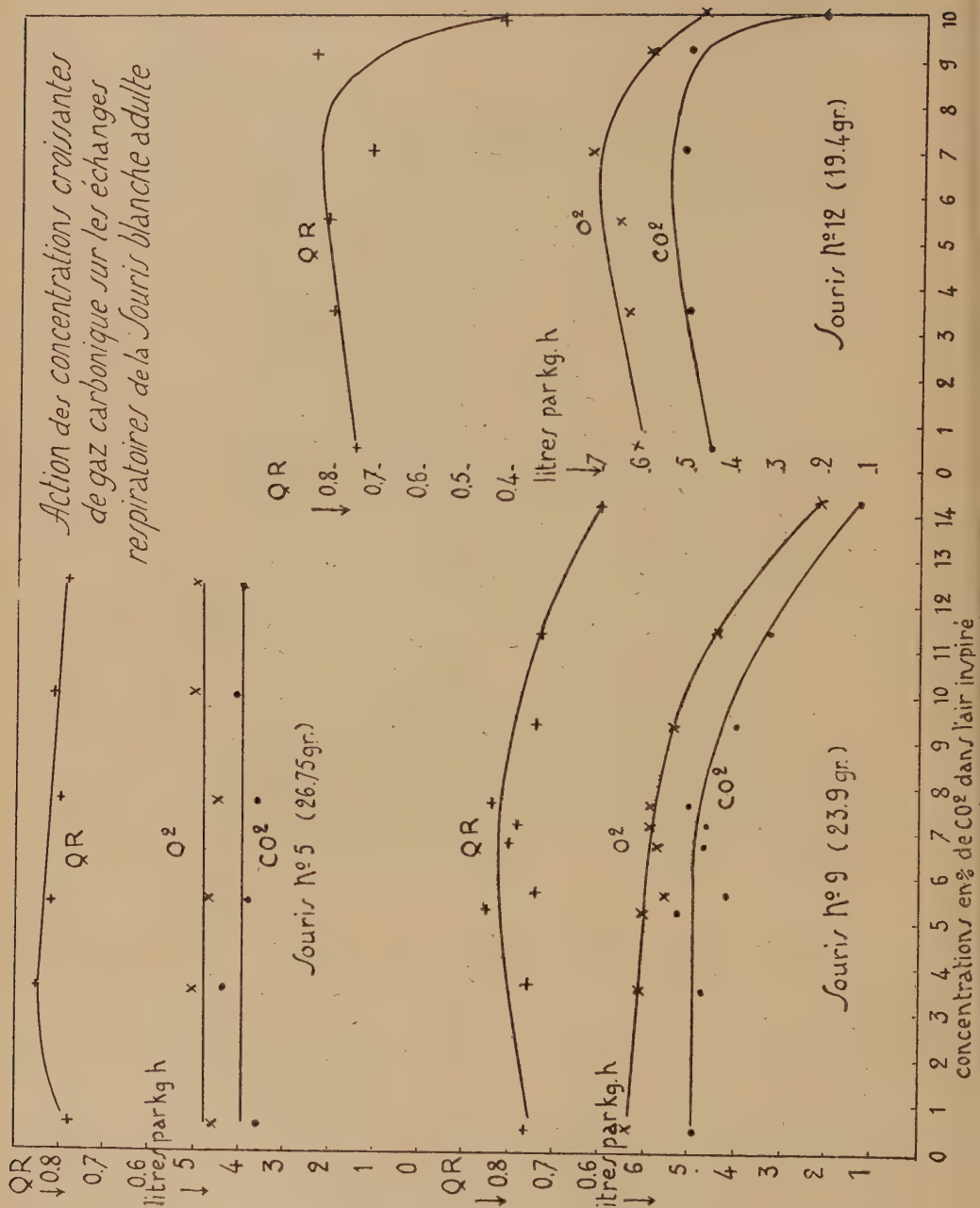
Variation de la consommation d'oxygène.

On ne peut donner de règle bien générale pour l'action des tensions croissantes de CO_2 sur les échanges respiratoires de la Souris. Nous avons en effet constaté que l'action n'est pas toujours constante pour un même pourcentage de CO_2 de l'air inspiré.

L'ensemble de l'étude a porté sur 17 Souris à des tensions moyennes variant de 0,5 à 14,5 p. 100 de gaz carbonique dans un gaz à teneur d'oxygène sensiblement normale.

Pour des doses croissantes de gaz carbonique dans l'air inspiré on constate une accélération de la respiration de la Souris, il y a polypnée avec agitation qui peut aller jusqu'à une espèce d'affolement ; presque toujours il y a cyanose qui va croissant avec la tension, extrémités pâles (oreilles, pattes et queue) hérissément très prononcé des poils.

(1) Pour le calcul, on tient compte des conditions notées au cours de la manipulation et on applique le principe que la quantité d'N mesurée à la fin de la mesure est la même que celle du début ; en effet les conditions d'équilibre à la fin de la manipulation sont plus exactes que celles que l'on note au début de la manipulation.



La température corporelle pour des tensions dépassant 10 p. 100 est en général touchée mais pas d'une façon constante, nous avons constaté des baisses très prononcées pouvant atteindre 10° (Souris N° 50 à une tension moyenne de 14.5 p. 100 de CO² avec une baisse de 35 p. 100 de la consommation d'O²).

Remis à l'air normal l'animal reprend rapidement dans un temps très court une température normale.

TABLEAU XI.

Action des concentrations croissantes de gaz carbonique sur les échanges respiratoires de la Souris blanche adulte.

(air à concentration normale d'oxygène).

Concentration moyenne du CO ² au cours de l'expérience en p. 100	CO ² lit. par kg.-h.	O ² lit. par kg.-h.	Q. R.
Souris n° 5, poids moyen 26,75 g. Etude à la température extérieure de 18°5.			
0,53	3,69	4,67	0,79
3,54	4,37	5,08	0,86
5,49	3,96	4,77	0,83
7,72	3,70	4,62	0,80
10,03	4,16	5,07	0,82
12,41	4,01	5,08	0,79
Souris n° 9, poids moyen 23,9 g. Etude à la température extérieure de 16°7.			
0,55	4,97	6,46	0,77
3,63	4,80	6,23	0,77
5,30	5,30	6,17	0,86
5,62	4,22	5,63	0,75
6,77	4,76	5,88	0,81
7,15	4,70	5,95	0,79
7,67	5,07	5,97	0,85
9,39	4,04	5,39	0,75
11,43	3,31	4,47	0,74
14,24	1,28	2,10	0,61
Souris n° 12, poids moyen 19,4 g. Etude à la température extérieure de 17°2.			
0,55	4,68	6,25	0,75
3,50	5,19	6,48	0,80
5,49	5,50	6,71	0,82
6,98	5,26	7,30	0,72
9,14	5,10	6,00	0,85
10,43	2,05	4,77	0,43

L'allure générale de la courbe de la consommation d'O² ou de la production de CO² ainsi que les variations du Q. R. sont représentées sur les courbes N° 8 et tableau N° XI. On voit que les échanges respiratoires baissent dès le début de l'augmentation du pourcentage de CO² de l'air inspiré, c'est un cas assez général, toutefois nous devons dire que pour des tensions faibles, on peut voir les consommations remonter légèrement par suite de l'excitation du CO² sur les centres bulbaires (Souris N° 12). Dans un cas (Souris N° 5) la consommation reste sensiblement constante même pour une tension de 12.5 p. 100. Les trois types de réaction rencontrés au cours de l'étude des tensions croissantes de CO² sur la respiration de la Souris sont donnés par les courbes N° 8 et le tableau correspondant N° XI.

Dans le cas le plus général, lorsque la tension de gaz carbonique atteint 10 à 15 p. 100, les échanges respiratoires baissent d'environ 30 p. 100, comme on peut le voir d'après les résultats trouvés sur 6 Souris examinées à des tensions voisines de gaz carbonique (10,5 à 13 p. 100).

Variation de la consommation d'oxygène.

N° de l'animal	Concentration moyenne du CO ² en p. 100	Variation sur le témoin à l'air normal en p. 100
9	11,43	28
12	10,43	22,7
16	11,71	26,9
45	12,98	30,1
51	11,75	23,2
63	12,05	27

Nous avons constaté aussi des baisses de 60 p. 100 (Souris N°s 9 et 15), la température centrale de l'animal diminue alors fortement.

Retour à l'air normal.

Après une expérience d'une heure dans une atmosphère de gaz carbonique, l'animal est remis à l'air normal et nous avons de nouveau mesuré les échanges respiratoires. Voici quelques résultats trouvés au cours de cette étude.

Souris n°	Concentra- tion moyenne de CO ² en p. 100	Consommation d'oxygène par kg.-h.			Q. R.		
		témoin	dans le	au retour	témoin	conc.	retour
		air	CO ²	à l'air	air	de CO ²	air
9	14,24	6,46	2,10	5,95	0,77	0,61	0,85
15	14,86	7,05	2,88	5,87	0,77	0,84	0,85
16	11,71	6,60	5,00	6,80	0,77	0,37	0,75

On peut dire que l'on ne constate pas d' « oxygen debt » comme l'ont déjà signalé CORDIER, MAGNE et A. MAYER, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de passif d'oxygène au cours de l'intoxication carbonique, les échanges sont diminués, il n'y a pas formation de produits intermédiaires susceptibles d'être brûlés au retour à l'air normal, tout se passe donc comme si le mécanisme des échanges restait normal mais avec une vitesse moindre, on ne peut cependant pas être très affirmatif, puisqu'au cours de l'action des fortes tensions d'acide carbonique et du retour à l'air normal on peut noter des variations importantes du quotient respiratoire.

Pour des doses de gaz carbonique un peu supérieures à celle de l'air normal, l'animal se met en polypnée, il y a augmentation des mouvements respiratoires et le quotient respiratoire croît.

D'autre part, aux tensions élevées, il y a rétention du gaz carbonique produit par les combustions et le Q. R. baisse (Souris N^{os} 8, 12, 15, 51, 63).

Mais il ne faut pas oublier que pour des fortes teneurs en gaz carbonique du milieu, il est très délicat d'interpréter les variations d'émission du gaz carbonique.

Chez un animal ayant séjourné une heure à une tension élevée de gaz carbonique, on note au retour à l'air normal, un Q. R. plus grand que chez l'animal témoin resté constamment à l'air normal, il y aurait donc sortie supplémentaire de gaz carbonique pour une petite part, mais là aussi l'interprétation est hasardeuse.

II. — Influence de la concentration d'oxygène de l'air inspiré.

Il est difficile de donner la valeur précise de la tension d'oxygène de l'air asphyxique (par manque d'oxygène). De nombreux facteurs extérieurs ont en effet une importance qui n'est pas négligeable, — asphyxie lente ou rapide, température extérieure et corporelle, intensité des mouvements, facteurs qui augmentent ou diminuent les besoins en oxygène.

Toutefois il est courant de considérer que le chimisme respiratoire ne se modifie pas tant que la tension d'O² est égale ou supérieure à 12 p. 100 environ (LAULANIE). Certains auteurs ont même pu noter des échanges respiratoires normaux à des tensions beaucoup plus basses. Pour HENDERSON les échanges restent normaux jusqu'à 8 p. 100. CORDIER pense que cette tension est beaucoup plus basse et que la mort ne survient que vers 3 p. 100.

Nous avons repris l'étude des tensions décroissantes d'O² sur la Souris. La méthode employée est celle déjà utilisée pour les tensions de CO², le changement de tension est opéré brusquement.

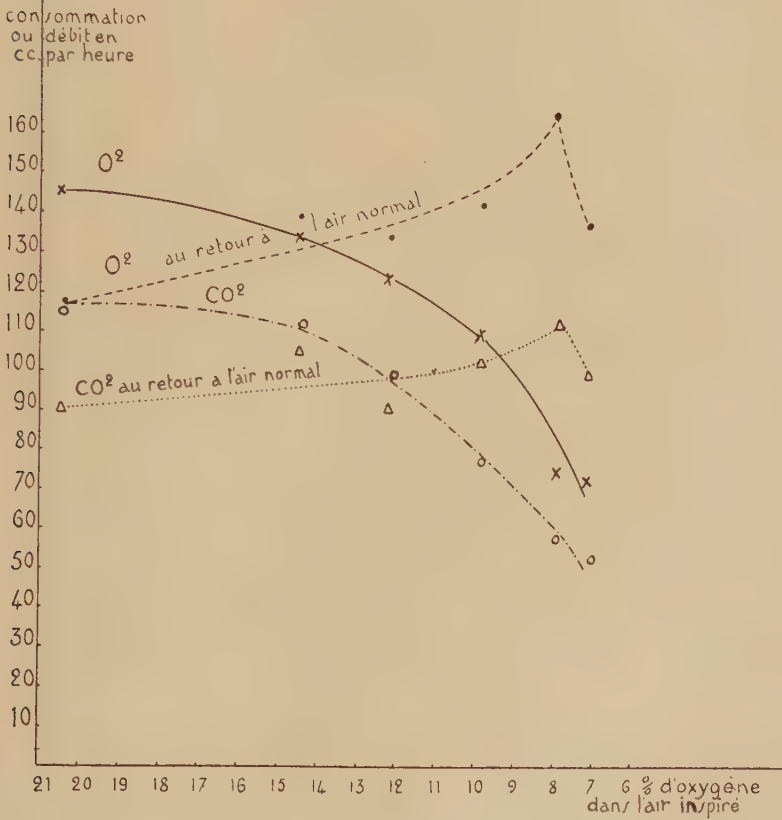
L'étude a porté sur deux Souris (1), dont une a été étudiée à deux reprises à deux mois d'intervalle, les résultats sont portés dans les tableaux N^{os} XII a, b, c, la courbe la plus nette a été tracée pour la Souris N^o 116 (courbe N^o 9).

La variation de la tension d'oxygène a une action notable sur les échanges respiratoires, on note parallèlement une baisse de la température corporelle de la Souris. En effet, plus la baisse de tension d'O² est prononcée, plus la baisse de température est forte : pour la tension de 7 p. 100 on note une baisse de 11°5 (Souris N^o 116) pour la tension de 8,4 p. 100 la baisse est de 7° (Souris N^o 122).

(1) Cette étude a déjà fait l'objet d'un très court mémoire en collaboration avec A. MAYER *Ann. Physiol. et Physicochim.*, fascicule 2, t. XI, 1935.

*Action des concentrations basses d'oxygène
sur les échanges respiratoires de la Souris blanche adulte*

Souris N° 116
température extérieure 20°



COURBE N° 9.

TABEAU XII a.

Action des concentrations basses d'oxygène sur les échanges respiratoires de la Souris blanche adulte.
Souris n° 116. Température extérieure moyenne 21°5.

Date. Concentration moyenne en O ² p. 100	Q. R.	Cm ³ par h.		Poids en g.	Températ. animal début - fin	Observations
		CO ²	O ²			
Concentration normale.						
16, 19, 24, 23 janvier 1 ^{er} temps.	0,84	100,1	119,6	25,27	38°05-37°75	Calme.
2 ^e temps	0,76	73,8	97,3	24,79	37°75 37°15	—
24 janvier, 14,7 p. 100 O ²	0,67	75,1	112,9	25,07	36°7 -35°2	Parait gênée.
Retour air.....	0,81	74,3	92,0	24,65	35°8 -36°7	Agitée, puis calme.
18 janvier, 13,6 p. 100 O ²	0,79	68,0	85,8	25,48	38°5 -35°9	Respiration rapide.
Retour air.....	0,87	86,1	99,2	24,97	36°3 -38°2	
17 janvier, 9,5 p. 100 O ²	0,66	49,7	75,0	26,47	37°3 -30°3	Respiration très accélérée.
Retour air.....	0,70	86,6	124,5	26,37	30° -37°3	— — —
27 janvier, 7,55 p. 100 O ²	0,70	39,1	55,8	25,45	38°5 -27°8	Respiration très rapide.
Retour air.....	0,90	95,7	106,0	25,29	28°5 -36°5	Frissonne au début, puis absolument immobile.

TABLEAU XII b.

Action des concentrations basses d'oxygène sur les échanges respiratoires de la *Souris blanche* adulte.
Souris n° 116. Température extérieure moyenne 20°.

Date. Concentration moyenne en O ² p. 100	Q. R.	Cm ³ par h		Poids en g.	Températ. animal début - fin	Observations
		CO ²	O ²			
Concentration normale.						
15, 16, 24, 25 Mars						
1 ^{er} temps.	0,81	116,6	144,5	28,89	37°1-37°5	Calme.
2 ^e temps.	0,79	91,2	116	28,01	37°5-36°95	Très calme.
18 mars, 14,5 p. 100 O ²	0,83	110,7	133,5	28,61	37°8-36°8	Respiration accélérée.
Retour air.....	0,76	105,8	138,8	27,81	37°1-39°2	Poils hérissés ; très calme.
20 mars, 12,2 p. 100 O ²	0,79	98,4	123,2	27,91	37° -35°9	Respiration très rapide ; poils très hérissés.
Retour air.....	0,68	90,7	133,9	27,56	36°3-37°4	Poils hérissés ; très calme.
22 mars, 9,83 p. 100 O ²	0,70	75,2	108,8	28,02	37°8-32°	Respiration très profonde ; poils hérissés.
Retour air.....	0,72	102,5	142,2	27,56	32°5-36°	Respiration saccadée, rapide ; vers la fin respir. beaucoup plus calme.
24 mars, 7,96 p. 100.....	0,78	58	74,4	27,60	37°2-28°2	Tassée sur elle-même ; poils très hérissés.
Retour air.....	0,67	111,6	164,5	27,48	29°5-36°6	En boule ; oscillations du corps.
31 mars, 7,43 p. 100.....	0,72	52,3	72,7	27,95	38°4-27°	Penchée sur le côté gauche ; affalée ; immobile.
Retour air.....	0,73	100,3	137	27,33	28° -36°15	Très calme.

TABLEAU XII c.

Action des concentrations basses d'oxygène sur les échanges respiratoires de la Souris blanche adulte.
Souris n° 122. Température extérieure 18°5.

Date Concentration moyenne en O ² p. 100	Q. R.	cm ³ par h.		Poids en g.	Températ. animal début - fin	Observations
		CO ²	O ²			
Concentration normale.						
1 ^{er} temps.	0,81	102	126,6	23,47	38°15-38°60	Calme.
2 ^e temps.	0,76	85,3	112,5	23,03	38°30-37°75	Calme.
18 mars, 14,6 p. 100 O ²	0,75	87,7	117,7	23,44	37°5-37°5	Très calme.
Retour air	0,77	101	131,5	23,41	37°5-39°1	Très calme, poils hérissés, extrémités blanches.
22 mars, 11,33 p. 100 O ²	0,80	91,2	113,8	22,96	38°9-37°2	Respiration ralentie.
Retour air	0,75	112	149,2	22,46	38°4-39°	Calme.
24 mars, 10,12 p. 100 O ²	0,84	83,5	99	23,44	39°6-36°3	Très calme, tête basse.
Retour air	0,81	104	128,8	23,40	37°5-37°8	Très calme, tête basse.
1 ^{er} avril, 6,84 p. 100	0,75	53	71	23,72	38°3-31°2	Poils hérissés, très calme.
Retour air	0,84	105,3	124,6	23,54	32° -38°2	Très calme.

Les échanges respiratoires aux tensions décroissantes d'oxygène sont diminués dès le début.

Voici les chiffres interpolés pour une même tension d'oxygène (l'interpolation est logique et possible, car les courbes tracées pour les différents animaux sont régulières).

	N° 116 (janvier)			N° 116 (mars)			N° 122 (avril)		
	cm ³ -h.			cm ³ -h.			cm ³ -h.		
	CO ²	O ²	Q. R.	CO ²	O ²	Q. R.	CO ²	O ²	Q. R.
Teneur en O ² du milieu :									
normale (20,8 p.100)	100,1	119,6	0,84	116,6	144,5	0,81	102	126,6	0,81
8 p. 100	42	62	0,68	58	82	0,71	64	83	0,77
Différence	58,1	57,6		58,6	62,5		38	43,6	
Variation en p. 100.	-58	-48,1		-50,3	-43,3		-37,2	-34,4	

On voit donc que pour des teneurs en oxygène de 8 p. 100, les consommations d'oxygène diminuent en moyenne de 40 p. 100.

Retour à l'air.

Après l'étude à une tension basse d'oxygène, l'animal est remis à l'air normal, on effectue alors une nouvelle mesure de ses échanges. D'une manière générale on note une dette d'oxygène qui est d'autant plus importante que la tension d'oxygène de la première mesure a été plus basse.

	N° 116 (janvier)			N° 116 (mars)			N° 122 (avril)		
	CO ²	O ²	Q. R.	CO ²	O ²	Q. R.	CO ²	O ²	Q. R.
Témoin	73,8	97,3	0,76	91,2	116	0,79	85,3	112,5	0,76
Retour air après 8 p. 100 O ² .	91	109	0,83	111,6	164,5	0,68	104,5	124,5	0,84
Différence	17,2	11,7		20,4	47,5		19,2	12	
Variation en p. 100.	+23,3	+12		+22,9	+45,8		+22,55	+10,65	

Le surplus de consommation d'oxygène au cours du retour à l'air normal peut atteindre des valeurs assez rapprochées du passif d'O² ; ainsi sur la Souris N° 116 :

L' « oxygen debt » est de $62,5 \text{ cm}^3 \text{ d'O}^2$ soit une variation sur la consommation d' O^2 par rapport au témoin de $-43,3 \text{ p. } 100$.

Oxydations complémentaires au retour à l'air $47,5 \text{ cm}^3 \text{ d'O}^2$ soit une variation sur la consommation d' O^2 par rapport au témoin $+45,8 \text{ p. } 100$.

CONCLUSIONS.

Pour des tensions élevées de gaz carbonique, la réaction de la Souris n'est pas constante. Un animal au jeûne semble réagir moins vivement que le même animal nourri, ceci est peut-être dû à la nature du combustible alors utilisé. On peut trouver des Souris dont les centres bulbaires sont excités par des tensions de gaz carbonique de l'ordre de 3 à 7 p. 100 et qui répondent par une augmentation des échanges, d'autres enfin qui restent indifférentes même aux tensions élevées. Mais dans le cas général on note une baisse prononcée des échanges qui peut atteindre 65 p. 100 pour une tension de 14 p. 100 de gaz carbonique, la baisse de température corporelle est dans ce cas supérieure à 10° . Il n'y a pas de passif d'oxygène au retour à l'air normal.

Contrairement à l'idée généralement admise de l'action des tensions décroissantes d'oxygène sur les échanges respiratoires des animaux homéothermes, la Souris baisse ses échanges respiratoires dès le début d'une baisse de tension. La baisse des échanges est continue et peut atteindre 50 p. 100 pour une tension de 8 p. 100 d'oxygène. Les échanges respiratoires baissant considérablement, on note parallèlement une baisse notable de la température corporelle qui peut atteindre $11^\circ 5$ pour une tension de 7 p. 100. Au retour à la tension normale d'oxygène, on constate le rétablissement de l'homéothermie et une consommation supplémentaire d'oxygène qui peut atteindre dans certains cas des valeurs assez voisines de l' « oxygen debt ».

III. — Action des agents pharmacologiques sur la thermogénèse et la thermolyse de la Souris blanche adulte.

Nous avons vu dans les chapitres précédents quelles pouvaient être les variations de la thermogénèse et de la thermolyse de la Souris blanche adulte sous l'influence des conditions extérieures et de l'état d'agitation de l'animal.

On peut se demander si dans ces conditions physiologiques

les limites extrêmes de variations sont atteintes. Certains agents pharmacologiques permettent peut-être d'obtenir des variations encore plus considérables.

Nous avons étudié en conséquence la thermogénèse et la thermolyse de la Souris sous l'influence d'agents augmentant les dépenses énergétiques : dinitrophénol 1-2-4, strychnine, pilocarpine et sous l'influence d'agents diminuant la valeur des échanges : atropine et amytal. Nous allons exposer maintenant les résultats de cette étude.

Pour cette partie de nos recherches nous avons pu employer la méthode de HALDANE pour la mesure des échanges respiratoires.

A. — ACTION DU DINITROPHÉNOL 1-2-4.

L'action du dinitrophénol 1-2-4 sur les échanges respiratoires (O_2 , CO_2) a déjà été étudiée sur les animaux par H. MAGNE, PLANTEFOL et A. MAYER, puis elle a été reprise par A. GASNIER et A. MAYER sur le Lapin et par J. GIAJA et DIMITROJEVIC sur le Rat.

La dose minima mortelle a été étudiée par ces auteurs, elle est de l'ordre du centigramme par kilogramme pour les différentes espèces animales : Cheval, Chien, Lapin, Cobaye, Pigeon, Tortue, Grenouille, pour la Souris la dose n'a pas été déterminée, nous avons donc d'abord recherché ce minimum.

Etude de la dose mortelle (injection sous-cutanée) à 21°.

Souris de 20 g. Injection de 2 mg. soit 100 mg. par kg.
à 16 h. 54 37°4.

mort à 17 h. 9 — 36° — mort en 15'.

— — Injection de 100 mg. au kg. à 17 h. 13 — 39°2,
mort à 17 h. 37 — 38°4 mort en 24'.

— — Injection de 50 mg. au kg. à 17 h. 44 — 38°5,
mort en crise tétanique à 18 h. 25 — 35°5 —
mort en 41'.

Souris N° 83, 24 g., injection de 40 mg. au kg.

Injection : 10 h. 31.....	38°6	11 h. 50.....	38°
40.....	39°2	53	37°8
45.....	39°	12 h. 10.....	37°
53.....	39°	14 h. 11	34°3
56.....	39°3	urine très jaune-trouble	
11 h. 18.....	40°	15 h. 50	34°3
25.....	38°8	17 h. 8.....	35°
40.....	39°	le lendemain à 9 h.....	38°5

La dose de 40 mg. injectée à deux Souris ne s'est pas montrée mortelle à 21°. Nous considérons donc que pour la Souris la dose minima mortelle est comprise entre 4 et 5 cg./kg. si la température extérieure est de 21°. Nous faisons cette restriction car la dose minima mortelle varie avec la température extérieure : elle augmente avec l'abaissement de la température extérieure à laquelle sont soumis les animaux.

Echanges respiratoires.

Nous avons injecté à une Souris de 24,3 g. (N° 71) une dose de 60 mg./kg. de dinitrophénol 1-2-4. Cet animal est mort 37 minutes après injection avec une température corporelle de 40°5.

Souris n° 79. — Injection (sous-cutanée) de 1,5 mg. de dinitrophénol 1-2-4 (60 mg. par kg.).

Poids en g.	H ² O kg.-h.	HO ² /O ²	Q. R.	Temp. finale	En calories par kg.-h.		
					Thermogénèse	Thermolyse	
						latente	sensible
24,3	12,20	1,02	0,97	40°5	41,90	7,12	34,78
morte 37' après l'injection.							

Nous avons pris comme témoin les valeurs obtenues sur un animal de même poids et au repos absolu. Il a été tenu compte pour calculer la thermolyse sensible donnée dans le tableau de l'augmentation de température corporelle de l'animal (37°-40°5).

On voit par ce tableau, que la Souris injectée au dinitrophénol 1-2-4 peut user à une température extérieure de 21° de puissances thermogénétique et thermolytique sensible élevées, au contraire la thermolyse par voie latente ne semble pas maxima (267 p. 100).

On se rappelle en effet que sous l'influence de la température extérieure, nous avons vu la thermolyse latente s'élever de 730 p. 100. Dans le cas de la Souris, l'action du dinitrophénol 1-2-4 ne semble plus se limiter à celle d'un excitant des échanges énergétiques cellulaires ; elle semble encore porter sur la

thermolyse latente qu'elle empêche de se développer dans toute son ampleur. C'est pourquoi comme l'animal n'utilise pas sa puissance thermolytique latente maxima, sa température corporelle s'élève notablement.

Puissances thermogénétique et thermolytiques après injection de dinitrophénol 1-2-4 comparées à l'animal témoin au repos complet.

Formes d'émission	Caloris par kg.-h.		Augmentation en p. 100	Observations
	Animal normal au repos	Débit observé		
Thermolyse latente ..	1,94	7,12	+ 267	Injection de 1,5 mg. dinitrophénol. Temp. interne 40°5. Hyperthermie 3°5.
Thermolyse sensible..	16,26	31,88	+ 96	
Thermogénèse	18,20	41,90	+ 130	

Malgré cela le rapport H^2O/O^2 qui normalement à 21° est de 0,65 s'élève à 1,02. C'est un fait général, lorsque les échanges augmentent, le rapport H^2O/O^2 croît.

On peut aussi noter un accroissement du quotient respiratoire dont la valeur atteint 0,97, la moyenne normale de l'animal témoin étant de 0,78.

B. — ACTION DE LA STRYCHNINE.

La strychnine, poison convulsivant augmente les échanges respiratoires, accélère la fréquence et l'amplitude des mouvements respiratoires et détermine une sécrétion sudorale abondante. Sous son action les deux termes du rapport H^2O/O^2 sont tous deux augmentés, nous nous proposons d'en suivre les variations chez la Souris. Une étude préalable de la dose à injecter est nécessaire pour fixer la dose mortelle et le temps de survie possible pour l'étude des échanges.

Puissances thermogénétique et thermolytiques après injection de strychnine comparées à l'animal témoin au repos complet :

Formes d'émission	Calories par kg.-h.		Augmentation en p. 100	Observations
	Animal normal au repos	Débit observé		
Thermolyse latente...	1,95	4,79	+ 145	Injection de 4/100 de mg. de strychnine, temps interne 36 ^o 6. Hypothermie 0 ^o 4.
Thermolyse sensible...	16,35	33,55	+ 105	
Thermogénèse	18,30	38	+ 107	

D'une manière générale le Q. R. est augmenté par une injection de strychnine — comme on le constate après un travail.

Le rapport H²O/O² reste sensiblement égal pour des doses faibles et augmente peu pour des doses fortes.

Les variations de thermogénèse ont été calculées par rapport au témoin au repos complet tel que nous l'avons fait pour le dinitrophénol 1-2-4.

La strychnine ne semble pas augmenter la température corporelle, au contraire il est possible de noter de faibles hypothermies.

Ce fait peut s'expliquer de deux façons, soit que la thermogénèse soit déficiente, ce qui n'est pas le cas ici (augmentation de 107 p. 100) soit que les thermolyses sensible ou latente soient très fortement accrues.

On voit ici que la thermolyse sensible est maxima et qu'au contraire, la thermolyse latente est loin d'avoir atteint son maximum. Il semble donc que pour les doses mortelles de strychnine la Souris ne puisse pas utiliser ses puissances thermolytiques sensible et latente minima.

Il y a donc un trouble de thermolyse et l'animal ne peut utiliser son « jeu » normal de thermorégulation.

C. — ACTION DE LA PILOCARPINE.

La Pilocarpine est un excitant des extrémités nerveuses parasympathiques, d'autre part elle stimule la sécrétion des glandes. Les auteurs ne sont pas d'accord au point de vue de son action sur la température corporelle ; pour les uns elle l'élève, pour les autres elle l'abaisse. Mais d'après Ch. DEBIERRE, cette incertitude et ces contradictions cessent si l'on envisage seulement l'état de la température vers la fin de l'action excitosécrétoire, tout le monde admet alors l'abaissement thermique. Nous n'avons pas constaté chez la Souris d'augmentation de température corporelle, mais en général une hypothermie qui peut atteindre 2° par rapport à l'animal témoin.

Souris n° 73. — Injection sous-cutanée de 0,4 mg. de pilocarpine.
Température 21°.

Poids en g.	H ² O par kg.-h. en g.	H ² O/O ²	Q. R.	Temp. finale	En Calories par kg.-h.		
					Thermogénèse	Thermolyse	
						latente	sensible
23,05	8,20	1,28	0,73	35°3	21,20	4,78	16,42

Souris n° 73. — Puissances thermogénétique et thermolytiques après injection de pilocarpine comparées à l'animal témoin au repos complet.

Formes d'émission	Calories par kg.-h.		Variation p. 100	Observations
	Animal au repos complet	Débit observé		
Thermolyse latente...	1,97	4,78	+ 143	Injection de 0,4 mg. de pilocarpine. Temp. interne 35°3 Hypothermie de 1°7
Thermolyse sensible vraie.	16,53	17,82	+ 7,8	
Thermogénèse	18,50	21,20	+ 14	

Souris n° 77. — Injection sous-cutanée de 0,4 mg. de pilocarpine.
Température extérieure 21°.

Poids en g.	H ² O par kg.-h. en g.	H ² O/O ²	Q. R.	Temp. finale	En Calories par kg.-h.		
					Thermogénèse	Thermolyse	
						latente	sensible
22,04	9,92	1,52	0,74		30,45	8,17	22,28

Souris n° 77 — Puissances thermogénétique et thermolytiques
comparées à l'animal témoin au repos complet.

Formes d'émission	Calories par kg.-h.		Variation en p. 100	Observations
	Animal au repos complet	Débit observé		
Thermolyse latente...	2,0	8,17	+ 308	Injection de 0,4 mg. de pilocarpine. Température interne normale.
Thermolyse sensible vraie	16,8	22,28	+ 32,6	
Thermogénèse	18,80	30,45	+ 62	

L'émission d'eau est nettement augmentée de 150 à 300 p. 100, le rapport H²O/O² augmente et est supérieur à 1 (1,52 à 1,28) ; dans les deux cas étudiés (Souris N^{os} 73 et 77) la thermolyse est supérieure à la normale. Il semble donc comme pour la strychnine que la Souris ne puisse pas utiliser sa puissance thermolytique minima sensible.

D. — ACTION DE L'ATROPINE.

L'atropine est un paralysant des extrémités nerveuses parasympathiques, elle provoque une légère vasodilatation et paralyse les glandes sudoripares.

Les injections sous-cutanées de sulfate d'atropine provoquent chez la Souris une baisse de la thermolyse latente. Un accroissement de la thermolyse sensible d'une part, une diminution insuffisante de la thermolyse latente d'autre part, placent la Souris en hypothermie. Le rapport H^2O/O^2 diminue (0.33) par rapport à la normale (0.60-0.70).

En résumé, il semble donc que sous l'action de l'atropine les puissances minima thermolytiques soient touchées chez la Souris, la thermolyse par voie sensible est plus touchée que la thermolyse par voie latente.

Souris n° 62 *bis*. — Injection sous-cutanée de 6 mg. d'atropine.
Température extérieure : 21°.

Poids en g.	H^2O par kg.-h. en g.	H^2O/O^2	Q. R.	Température finale	Calories par kg.-h.		
					Thermogénèse	Thermolyse	
						latente	sensible
28,6	2,40	0,40	0,75	36°2	20,05	1,40	18,65

Souris n° 62 *bis*. — Puissances thermogénétique et thermolytiques après injection d'atropine comparées à l'animal témoin au repos complet.

Forme d'émission	En Calories par kg.-h.		Variation en p. 100	Observations
	Animal au repos complet	Débit observé		
Thermolyse latente...	1,80	1,40	— 22,2	Injection sous-cutanée de 6 mg. d'atropine. Temp. interne 36°2. Hypothermie 0°8.
Thermolyse sensible..	15,20	19,30	+ 26,9	
Thermogénèse	17	20,05	+ 18	

Souris n° 72. — Injection sous-cutanée de 2 mg. d'atropine.

Température extérieure 21°.

Poids en g.	H ² O par kg.-h. en g.	H ² O/O ²	Q. R	Température finale	Calories par kg.-h.		
					Thermogénèse	Thermolyse	
						latente	sensible
22,5	3,28	0,46		36°5	23,45	1,91	21,54

Souris n° 72.— Puissances thermogénétique et thermolytiques après injection d'atropine comparées à l'animal témoin au repos complet.

Forme d'émission	En Calories par kg.-h.		Variation p. 100
	Animal au repos complet	Débit observé	
Thermolyse latente...	1,99	1,91	— 4
Thermolyse sensible..	16,01	21,94	+ 37
Thermogénèse.....	18,6	23,45	+ 26

E. — ACTION DE L'AMYTAL.

Les injections intrapéritonéales d'amytal, anesthésique de la série des barbituriques déterminent à forte dose chez la Souris une hypothermie prononcée. Pour les faibles doses on note un accroissement de la puissance thermolytique sensible et un abaissement de la thermolyse latente.

a) *Anesthésie légère.* — L'animal est mis en expérience dès le début du sommeil. Les températures corporelles notées, au début et à la fin de l'expérience, sont de l'ordre de celles trouvées pour un animal normal non anesthésié ; l'anesthésie étant légère on note un peu d'agitation et quelques tremblements.

Les résultats montrent (tableau N° XIII) que, pour des doses de 60 mg., par kg. (Souris N° 64) la thermogénèse est diminuée

par rapport au témoin normal, mais la thermolyse latente est très notablement abaissée, le rapport H^2O/O^2 baisse donc et passe de 0.73 à 0.41 et 0.39. Le Q. R. est celui d'un animal au jeûne : 0.70.

b) *Anesthésie profonde.* — Pour avoir une anesthésie profonde sans injecter des doses trop fortes, nous avons eu recours à l'animal au jeûne, l'étude a porté sur 2 Souris au jeûne de 24 heures.

Le tableau suivant donne les résultats de la Souris N° 122, la dose injectée de 95 mg. par kg. provoque une anesthésie profonde et longue, puisque ce n'est que 7 h. 30 après le début de celle-ci que l'animal commence à se réveiller. La température corporelle tombe extrêmement bas et est égale à celle de la pièce (21°) 2 h. 15 après l'injection. A ce moment la Souris se comporte comme un véritable poïkilotherme, puis la température remonte lentement et redevient normale au réveil complet. Pendant l'anesthésie, le rythme respiratoire passe de 200 (d'après Paul BERT) à 34, c'est-à-dire au 1/6 de sa valeur normale.

La consommation d' O^2 baisse très rapidement et diminue de 92 p. 100, c'est-à-dire tombe à 0,41 lit. d'oxygène par kg.-h., soit le 1/12 de la valeur normale et s'y maintient pendant environ 5 heures. Le Q. R. tombe au début à une valeur extrêmement basse : 0.33, comme s'il y avait rétention du CO^2 , puis remonte à 0.58 dans l'heure suivante pour arriver à des valeurs normales au réveil. L'émission d'eau baisse aussi très notablement, le minimum est de 65 p. 100 inférieur à la normale, c'est-à-dire représente le 1/3 ou le 1/4 de la valeur normale.

Le rapport H^2O/O^2 augmente, et atteint au maximum de l'action une valeur égale à 2, donc par anesthésie profonde chez la Souris la thermogénèse est plus touchée que la thermolyse latente.

Le minimum d'échanges que nous obtenons ainsi sur la Souris est le même que celui trouvé par Ch. RICHET sur le Chien et par A. MAYER et NICHITA sur le Lapin. Nous nous proposons de revenir sur cette question dans un prochain chapitre.

c) *Conclusions.* — On obtient pour des fortes doses d'amytal chez une Souris au jeûne, le minimum d'échanges compatibles avec la survie ; ce minimum correspond à une consommation d' O^2 de 0,41 lit. par kg.-h., dans ce cas l'animal se comporte comme un véritable poïkilotherme, sa température corporelle est égale à la température extérieure : 21°.

Date	Poids en g.	Temps moyen de jeûne en h.-min.	Par kg. heure en g.		H ₂ O/O ₂	Q. R.	Calories par kg.-h.			Observations
			CO ₂	O ₂			Thermogénèse	Thermolyse		
								Latente	Sensible	
Souris n° 64 ♂. Anesthésie légère. Température extérieure 20°5.										
14 Décembre.....	29,20	0,50	8,30	7,73	5,65	0,73	0,78	25,85	3,29	22,56
	28,32	2,40	6,46	6,67	4,17	0,63	0,70	21,80	2,43	19,37
	28,87	1,30	7,47	7,75	3,18	0,44	0,70	25,40	1,85	23,55
18 Décembre....	28,87	2,45	6,81	6,85	4,84	0,70	0,73	22,65	2,81	19,84
		30,13	1,10	6,44	6,56	2,53	0,39	0,71	24,55	1,48
Souris n° 112 ♂. Anesthésie profonde animal non au jeûne. Température extérieure 20°5.										
Moyenne 5 témoins	23,22		7,23	7,21	4,45	0,62	0,73	23,80	2,57	21,23
	23,83		2,17	2,47	1,83	0,74	0,64	8,15	1,06	2,2 mg. amytal. Température moyenne de la Souris 28°-29°.
Souris n° 122 ♂. Anesthésie profonde après un jeûne de 24 heures.										
20 Décembre.....	21,27	26,30	6,58	6,87	4,25	0,62	0,70			Témoin. Injection 2 mg. amytal 32°9.-22°9 22°9.-21°3
23 Décembre.....	21,20	22,55	0,87	1,93	1,87	0,97	0,33		34	
—		23,60	0,56	0,71	1,25	1,77	0,58			
—		25,5	0,52	0,59	1,17	1,99	0,65		38	21°
—		26,5	0,55	0,61	1,39	2,02	0,63		46	21°7
—		27,45	0,76	0,82	1,48	1,37	0,67		88	21°8
—		29,10	3,36	3,61	2,37	0,66	0,68			27°1
—		29,50	7,6	7,43	3,06	0,41	0,74			36°25
										com. à trembler commence à se tenir debout.

Témoins.
1,3 mg. amytal. Som-
meil agité.
Réveillée.
1,8 mg. amytal. Quel-
ques tremblements.

2,2 mg. amytal. Tem-
pérature moyenne de
la Souris 28°-29°.

Témoin.
Injection 2 mg. amytal
32°9.-22°9
22°9.-21°3

21°
21°7
21°8
27°1
36°25

com. à trembler
commence à se
tenir debout.

PUISSANCES THERMOGÉNÉTIQUES ET THERMOLYTIQUES MAXIMA ET MINIMA CHEZ LA SOURIS BLANCHE ADULTE.

Nous avons réuni dans un même tableau les valeurs maxima et minima des puissances thermogénétiques et thermolytiques trouvées chez la Souris au cours de l'ensemble de notre travail.

TABLEAU XIV.

Puissances thermolytiques et thermogénétiques maxima et minima chez la Souris blanche adulte.

Résultats exprimés en Calories par kg.-heure. Expériences exécutées à 21°.

La comparaison est faite par rapport à une Souris de 24 g.
au repos complet et en atmosphère sèche.

Forme des émissions	Débit moyen (animal au repos complet)	Débit observé		Augmentat. ou diminut du débit moyen en p 100	Conditions dans lesquelles ont été observés les maxima ou les minima
		maxim.	minim.		
Thermolyse latente	1,95	15,65		+ 702	Température extérieure 32°5, extrémités rouges, très agitée. Tombe en hypothermie. Souris 41.
	1,95		0,68	— 65	Injection d'amytal de 2 mg. Animal au jeûne. Temp. interne : 21°-21°3. Souris 122.
Thermolyse sensible	16,35	33,55		+ 105	Injection de 4/100 mg. de strychnine (sulfate). Temp. interne : hypother- mie 0°4. Souris 59.
	16,35		0,99	— 94	Injection d'amytal 2 mg. Animal au jeûne. Temp. interne : 21°-21°3. Souris 122.
Thermogé- nèse	18,30	41,90		+ 130	Injection de 1,5mg. de dini- trophénol 1-2-4. Hyper- thermie +3°5. Souris 79.
	18,30		1,92	— 90	Action de l'amytal 2 mg. Animal au jeûne. Temp. interne : 21°-21°3.

Pour l'établissement de ce tableau, nous avons tenu compte des différentes remarques déjà faites que nous rappelons ici :

1° Les échanges de la Souris témoin sont ceux d'un animal au repos complet à 21° ; il a été tenu compte de l'influence de la taille — dans les comparaisons.

2° En général les cas envisagés ont été étudiés à 21° sauf pour l'émission maxima d'eau — qui a été notée pour une température extérieure de 32°5.

3° La thermolyse latente est calculée directement en fonction de l'eau émise.

4° La thermolyse sensible est obtenue en tenant compte de la variation de température corporelle de l'animal (1).

L'examen de ce tableau nous montre que l'émission d'eau est susceptible de très grandes variations chez la Souris + 700 à — 65 p. 100 — la thermolyse sensible peut varier de + 105 à — 94 p. 100 et la thermogénèse de + 130 à — 90 p. 100.

Si nous calculons les latitudes de variations par rapport aux puissances minima compatibles avec la vie mais sans maintien de l'homéothermie, nous voyons que celles-ci peuvent être respectivement en Calories par kg.-h.

pour la thermolyse latente de 0,68 à 15,65 — 2200 p. 100

pour la thermolyse sensible . 0,99 à 33,35 — 3280 p. 100

pour la thermogénèse 1,92 à 41,90 — 2080 p. 100

Ces latitudes correspondent à des variations de température corporelle de l'ordre de 20° (21°-41°3).

Nous avons maintenant des données suffisantes pour examiner l'action des différents agents pharmacologiques. Nous pouvons étudier quelle a été la forme de thermolyse employée (latente ou sensible) et voir si l'animal a pu se servir de sa puissance ou au contraire quelle est la forme qui a été touchée.

CONCLUSIONS.

Les latitudes qui correspondent aux variations des puissances thermolytiques et thermogénétique chez la Souris blanche sont très étendues, nous avons pu noter pour l'émission de chaleur latente des variations de + 700 à — 65 p. 100 par rapport à la valeur normale d'un animal au repos complet, et pour la thermogénèse des variations de + 130 p. 100 à — 90 p. 100.

(1) thermolyse sensible calculée = thermogénèse — thermolyse latente.
thermolyse sensible vraie = thermogénèse — thermolyse latente
+ correction due à la variation de la température corporelle (+ dans cas d'hypothermie — pour l'hyperthermie).

TABLEAU XV.

Action des agents pharmacologiques sur les puissances thermogénétiques et thermolytiques de la Souris blanche adulte à 21°.

Nature du corps	Variation de la température corporelle	Puissance thermolytique	Puissance thermogénétique
<i>Dinitrophénol 1-2-4</i>	Hyperthermie jusqu'à + 4°3	Sensible → maxima latente augmentée mais non maxima	→ maxima
<i>Strychnine</i>	Hypothermie — 0°4	Sensible → maxima latente augmentée mais non maxima	→ maxima
<i>Pilocarpine</i>	Egalité ou hypothermie	Latente et sensible augmentées	→ normale
<i>Atropine</i> faibles doses fortes doses	Hypothermie	latente ≤ normale sensible → normale latente < normale mais non minima sensible < normale	≠ normale
<i>Amytal</i> faibles doses fortes doses	Hypothermie → température extérieure (21°)	sensible → normale latente < normale mais non minima sensible et latente → minima	→ normale → minima

La puissance thermolytique sensible est minima pour un animal profondément anesthésié, sa température corporelle peut devenir égale à la température extérieure (21°). Le maxima est obtenu par injection de strychnine sans provoquer d'hyperthermie, on obtient d'ailleurs une valeur à peu près égale par injection de dinitrophénol 1-2-4 mais avec élévation notable de la température corporelle (+ 3°4).

Sous l'action de certains agents pharmacologiques, la thermolyse — soit sous forme latente, soit sous forme sensible — est modifiée ; pour la strychnine, la pilocarpine, l'atropine (faibles doses) et l'amytal (faibles doses) la puissance thermolytique sensible ne peut pas être minima. Ces agents modifient donc plus ou moins les écarts possibles de la thermolyse (latitute).

IV. — Réchauffement.

La température corporelle de la Souris peut devenir extrêmement basse sous l'influence de l'amytal et nous avons pu noter une température corporelle de 21°3 (pendant 5 heures) la température extérieure étant de 21°. Ces fortes baisses de la température centrale ne sont pas exceptionnelles : ASZODI, au cours d'une étude de l'influence de la température extérieure et du jeûne, a noté une température de 12°2 pour une température extérieure de 12°. Nous avons pu, en plaçant 2 Souris dans un frigidaire à — 5°, obtenir des températures centrales basses : 25°2 et 30°3. Nous avons étudié les échanges respiratoires de ces animaux. Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Souris n° 118. — Poids moyen : 40,4 g.

10 h 50.....	37°8	Etude du réchauffement à 21° avec	
11 h. 05 mise au frigidaire à —5°		mesure des échanges gazeux :	
11 h. 47.....	37°1	15 h. 45.....	23°8
15 h. 05.....	30°	16 h. 18.....	33°1
19.....	28°3	54.....	38°2
25.....	29°3	17 h. 30.....	38°2
40.....	25°2		

Souris n° 122. — Poids moyen : 23 g.

13 h 40	37°5	Etude du réchauffement à 21° avec mesuré des échanges gazeux :	
13 h. 42 mise au frigidaire à —5°			
14 h.	38°8	17 h. 55	30°5
12	38°8	18 h. 26	37°8
29	39°	36	38°3
52	38°7	19 h. 06	39°
15 h. 11	38°7		
34	38°5		
52	37°9		
16 h 15	37°		
38	35°5		
58	33°9		
17 h. 03	33°5		
22	33°		
29	32°5		
35	32°		
40	31°4		
48	31°		
30	30°3		

La comparaison a été faite avec l'animal témoin au jeûne pendant le même temps.

Souris n° 118, poids moyen : 40,4 g., mesure des échanges à 21°.

Temps de jeûne	Température de l'animal	Animal	Thermogénèse
5 h. 10	23°8-33°1	Engourdi, tremblements	16,8 Cal. kg./h.
5 h. 45	33°1-38°2	Calme	22,15 —
6 h. 25	38°2-38°2	—	17,10 —
L'animal témoin avait une thermogénèse de...			18,20 —

Souris n° 122, poids moyen : 23 g.

Temps de jeûne	Température de l'animal	Animal	Thermogénèse
4 h. 30	30°5-37°8	Tremblements	26,2 Cal. kg./h.
2 h. 10	38°3-39°	Très calme	24,35 —
L'animal témoin avait une thermogénèse de...			24,40 —

Il semble ressortir de ces expériences qu'au dessous d'une certaine température corporelle, la Souris effectue sa remontée de température, tout en ayant une production calorique plus faible que la normale : c'est en effet le cas de la Souris N° 118 pour des températures corporelles comprises entre 23°8 et 33°1 ; si la température n'a pas baissé au delà d'une certaine limite, ou bien si au cours du réchauffement l'animal a atteint cette limite, la remontée de la température s'effectue avec une augmentation des échanges.

Souris n° 118, de 33°1 à 38°2, 22,15 Cal. au lieu de 18,2 Cal. par kg.-h.

— n° 122, de 30°5 à 37°8, 26,2 Cal. au lieu de 24,4 Cal. —

L'animal dont la température interne a été abaissée expérimentalement par refroidissement et que l'on replace à 21° se réchauffe par stades successifs. Si sa température interne a été abaissée au-dessous de 30°, le réchauffement s'effectue avec des échanges respiratoires inférieurs à la normale jusqu'à une température corporelle voisine de 30°.

Passée cette température (30°) le réchauffement s'effectue selon le schéma classique, les échanges sont supérieurs à ceux de l'animal normal. On peut imaginer que tout se passe comme si les stimulus périphériques dus à l'abaissement de la température corporelle sont inefficaces ou absents si la température corporelle est inférieure à 30°, et se rétablissent à leur efficacité normale lorsque la température corporelle dépasse 30°.

CHAPITRE VII.

Thermorégulation chez la Souris blanche adulte.

Régulation et adaptation.

L'animal homéotherme maintient sa température constante par le jeu de ses mécanismes régulateurs. Il dispose de deux sortes de régulations : 1° l'une chimique ; 2° l'autre physique. La première est ainsi appelée parce qu'elle règle la vitesse des combustions qui sont la source de la production calorique de l'animal.

Le domaine de la régulation physique s'étend aussi bien sur le rayonnement, que sur la conduction, la convection et l'évaporation, mais elle est surtout active aux températures élevées où l'évaporation joue le rôle principal.

Ces deux régulations, physique et chimique, ne sont pas indépendantes l'une de l'autre, mais sont liées étroitement, leur importance relative est fonction de la température extérieure.

Si les conditions extérieures sont telles que l'animal puisse user de l'étendue de ses puissances thermogénétiques et thermolytiques, et si ses demandes ou ses besoins restent compris à l'intérieur des limites extrêmes, l'animal reste homéotherme. Au contraire, si les demandes dépassent les possibilités, il est « forcé » et suivant les cas il en résulte une hypo ou une hyperthermie. L'animal peut faire face à une variation soit étendue, mais de courte durée, soit faible et de longue durée.

L'animal est capable de s'adapter dans une large mesure aux conditions extérieures du milieu en modifiant sa manière de vivre : nutrition, activité, revêtement extérieur (plumage — fourrure etc...). Par adaptation, ses besoins, et par suite sa production ou sa déperdition calorique se modifient (chapitre III) et cela dans le sens d'une économie,

RECHERCHES PERSONNELLES.

Nous nous proposons d'examiner au cours de ce chapitre les variations correspondantes de la thermogénèse latente chez la Souris, c'est à dire la valeur du rapport $\frac{\text{eau évaporée}}{\text{oxygène consommé}}$ ($\text{H}^2\text{O}/\text{O}^2$). Ce rapport rend compte du rôle que joue l'émission d'eau dans la régulation.

Le rapport $\text{H}^2\text{O}/\text{O}^2$ fonction de la taille.

Nous avons vu que chacun des deux termes du rapport $\text{H}^2\text{O}/\text{O}^2$ est à peu près constant pour des conditions déterminées, il en résulte que ce rapport est lui-même peu variable et caractéristique de ces mêmes conditions. Mais peut-on déduire de là qu'il existe une relation directe entre l' O^2 consommé et l'eau éliminée, c'est-à-dire qu'à une combustion exigeant une certaine quantité d' O^2 correspond une émission d'eau déterminée ? L'examen de la combustion des 3 types de matières

brûlées par l'organisme montre que le rapport $\frac{\text{eau de combustion}}{\text{O}^2 \text{ de combustion}}$ est :

- pour les glucides : de 0,56 (glucose).
- pour les protides : de 0,27
- pour les graisses : de 0.366 (trioléine)

Ces résultats comparés à ceux obtenus dans les études du rapport $\text{H}^2\text{O}/\text{O}^2$ faites jusqu'ici (Lapin, Pigeon...) permettent de dire que l'eau provenant de la combustion ne représente qu'une part de l'eau émise par évaporation.

D'autres faits viennent également confirmer cette constatation.

Si les combustions augmentent par abaissement de la température extérieure, l'émission diminue en général ; si la ventilation d'un animal se trouve augmentée naturellement ou artificiellement, l'émission d'eau est notablement plus augmentée que les échanges respiratoires.

Nous avons montré plus haut que si la consommation d'oxygène est fonction du poids, l'émission d'eau est plus exactement fonction de la surface,

Nous pouvons donc représenter le rapport H^2O/O^2 de la façon suivante :

$$\frac{H^2O}{O^2} = \frac{f(S)}{\varphi(p)}$$

D'après la formule de MEEH $S = k^3 \sqrt{p^2}$ donc $f(S) = f(p)$ par conséquent $H^2O/O^2 = f(p) \times \varphi(p) = F(p)$.

Nous voyons donc que le rapport H^2O/O^2 est fonction du poids et sera d'autant plus petit que la taille de l'animal sera plus petite. Nous devons dire de suite que ceci est vrai pour des températures extérieures inférieures ou égales à celle de la neutralité thermique. Nous montrerons les preuves expérimentales de ceci dans un autre chapitre (VIII).

Le rapport H^2O/O^2 varie avec la température extérieure ; il est maxima pour les températures élevées et peut atteindre chez la Souris : 3.3 (Souris N° 41) à 33°. A ce moment la chaleur perdue sous cette forme atteint 58 p. 100 de la production calorique de l'animal.

La courbe du rapport H^2O/O^2 en fonction de la température extérieure tend vers une asymptote pour les basses températures, le minimum noté est de 0.45 à 5°, dans ce cas l'émission latente représente 8 p. 100 seulement de la thermolyse totale. Le rapport croît régulièrement de 15° à 30°, température pour laquelle il est d'environ 1.4 ; à partir de ce point, « neutralité thermique » de la Souris, il croît très rapidement et atteint une valeur supérieure à 3 en quelques degrés (30-33°) cet accroissement rapide montre que la Souris atteint très vite la limite de sa résistance au chaud.

Marge d'évaporation de l'eau et maintien de la température interne.

Supposons pour un moment que la Souris ait à une température déterminée une thermogénèse constante à tout instant, et voyons dans ces conditions, quelles sont les variations de sa thermolyse pour que la température corporelle de l'animal ne varie pas plus de 0°1. La thermogénèse d'une Souris de 24 g. au repos complet est voisine de 18 Calories par kg.-h. à 21°, en appliquant la valeur de chaleur spécifique du corps humain 0.83 à la Souris, nous voyons qu'une variation de 0°1 de la température corporelle pour 1 kg. d'animal correspond à une variation de 0.083 Calories soit environ le 1/200° de la produc-

tion calorique de la Souris à 21°. Ainsi donc à thermogénèse constante une variation supérieure au 1/200° de la déperdition calorique de la Souris place celle-ci en hypo ou hyperthermie.

L'expérience montre que la vitesse de la thermogénèse de la Souris ne doit pas être uniforme.

Cherchons donc quelles sont les limites de variations des différentes formes de thermolyse dont la Souris dispose pour le maintien de sa température interne. Prenons comme exemple une Souris dont la thermogénèse au repos complet est de 19.7 Calories par kg.-h. à 21° et au mouvement de 35.8 Calories la variation de thermogénèse est de 16.1 Calories soit 82 p. 100 par rapport au minimum. Il faudrait que la thermolyse latente augmente de 800 p. 100 si elle était seule à jouer pour maintenir l'homéothermie, or elle n'a augmenté que de 170 p. 100.

Nous avons cherché parmi toutes les expériences que nous avons faites sur la Souris, les cas de minima et maxima de sortie d'eau correspondant à un début d'hypo ou d'hyperthermie. Ces valeurs nous donnent une marge d'émission d'eau évaporée.

Numéro de la Souris (Poids : 23-24 g.)	Action	Thermolyse latente Calories par kg.-h.	Température corporelle
73	Atropine	1,2	hypothermie de 1°
79	Mouvement spontané	4,2	hyperthermie de 2°
143	Animal témoin au repos complet	1,9	normale.

L'existence de cette marge d'évaporation d'eau permet de calculer la marge de consommation d'O² en dessous et au dessus de laquelle l'animal ne pourra plus maintenir sa température constante si sa thermolyse sensible restait constante.

La thermogénèse de la Souris (N° 143) au repos complet est de 18.3 Calories par kg.-h.. On voit qu'un abaissement de sa thermogénèse supérieur à (1.9-1.2 = 0.7 Calories) 4 p. 100 placera celle-ci en hypothermie, de même une augmentation supérieure (4.2-1.9 = 2.3 Calories) à 13 p. 100 placera la Souris en hyperthermie.

Or ces valeurs d'eau émise correspondent à des cas où la thermogénèse de l'animal a varié beaucoup plus que les valeurs

limites trouvées par le calcul (-4 p. 100 $+ 13$ p. 100). On peut donc s'attendre que pour de telles variations dans l'émission d'eau la température centrale de l'animal ne restera pas normale, elle augmentera ou diminuera, si la thermolyse sensible ne suit pas les variations de la thermogénèse.

Marge de variation de la thermolyse sensible.

D'après les calculs précédents il faut donc que la thermolyse sensible suive en partie les variations de la thermogénèse. En effet dans le premier exemple, entre le repos absolu et le mouvement, la thermogénèse a varié de 16,1 Calories. Nous avons noté une régulation de 4.05 Calories grâce à un accroissement de l'eau évaporée, il reste donc 12.05 Calories à écouler. Si la thermolyse sensible restait constante, on devrait constater une augmentation de température corporelle de $12.05/0.83$ soit $14^{\circ}5$. Or le maximum de variation de température que nous ayons constaté à la suite de mouvement est au maximum de 3 à $3^{\circ}5$.

On voit que, pour la régulation de la température corporelle chez la Souris placée à une température extérieure de 21° , les marges de variation de la thermolyse par émission d'eau sont pratiquement négligeables. La part la plus importante dans la thermorégulation est prise par la variation du rayonnement direct ou indirect.

Les exemples suivants nous donnent des cas limites de variations de thermolyse sensible pour lesquels déjà l'animal ne reste pas homéotherme.

Numéro de la Souris (Poids : 23-24 g.)	Action	Calories par kg.-h. thermolyse sensible vraie	Température corporelle
122	Amytal	13,25	hypothermie de $7^{\circ}5$
79	Dinitrophénol	31,90	hyperthermie de $3^{\circ}5$
143	Animal témoin au repos complet	16,25	normale.

Supposons que la thermolyse latente reste constante et cherchons dans ce cas les marges de variation de la thermolyse sensible pour que l'animal reste homéotherme.

Nous avons déjà vu que la thermogénèse d'une Souris de 24 g. au repos complet est de 18.3 Calories par kg.-h. D'après le tableau précédent, on peut dire que pour un abaissement de $(16.36-13.25 = 3.1 \text{ Calories})$ de 17 p. 100 de la thermogénèse, la thermolyse sensible ne suit pas et l'animal tombe en hypothermie de $7^{\circ}5$. De même pour un accroissement de $(31.9-16.25 = 15.65)$ 85 p. 100 de la thermogénèse, l'animal est en hyperthermie de $3^{\circ}5$.

On peut donc dire que chez la Souris les limites de variations de la thermolyse sensible à 21° compatibles avec le maintien de l'homéothermie, sont inférieures à $+ 85 \text{ p. 100}$ et à $- 17 \text{ p. 100}$, puisque déjà pour ces variations on note des variations notables de la température corporelle de $+ 3^{\circ}5$ et $- 7^{\circ}5$.

Nous avons tenté d'établir les limites de variations possibles de la thermolyse latente et sensible chez la Souris pour le maintien de l'homéothermie. Il ne faut pas regarder ces limites comme absolues, parce que d'une part elles ont été calculées dans des cas où l'homéothermie n'existait déjà plus et que, d'autre part, elles ont été établies sur des actions pharmacologiques, qui ont l'inconvénient de modifier plus ou moins les limites de variations possibles des différentes formes de thermolyse. On doit remarquer enfin que ces limites sont calculées sur des temps assez longs en moyenne de 40 minutes à une heure. On peut penser que les variations possibles de la thermogénèse peuvent être plus grandes sur des temps courts. Il est nécessaire d'envisager dans la thermorégulation la vitesse et la durée des différentes actions.

On s'explique par ce calcul approché, pourquoi la température de Souris est labile. Nous avons en effet noté par le simple mouvement spontané, des augmentations de thermogénèse de 120 p. 100, et nous venons de calculer que déjà pour des variations de 85 p. 100 l'animal se met en hyperthermie.

CONCLUSIONS.

Dans la déperdition calorique, la part de la chaleur émise sous forme latente (eau évaporée) peut varier de 60 à 8 p. 100 suivant la température extérieure ($33^{\circ}-5$). L'étude du rapport $\frac{H^2O}{O_2}$ montre que celui-ci est fonction de la taille de l'animal. Pour la Souris les valeurs extrêmes notées ont été de 3.3 à 0.33 soit au cours de l'influence de la température extérieure soit

sous l'action de divers agents pharmacologiques. Pour des températures extérieures basses, la régulation chimique chez la Souris est très intense et la thermolyse latente joue dans la régulation un rôle peu important ; mais aux températures supérieures à celle de « neutralité thermique » (30°) elle joue le rôle principal et atteint rapidement son maximum ; la résistance de la Souris aux températures élevées est donc extrêmement limitée.

L'expérience et la discussion des résultats obtenus au cours d'une étude complète de la thermogénèse et des différentes formes de thermolyse chez la Souris montrent qu'à la température extérieure de 21° les variations de la thermogénèse ne peuvent être compensées par les seules variations de la thermolyse latente notées dans le même temps. La thermolyse sensible (rayonnement, conduction, convection) est alors presque seule à contrebalancer les variations de la thermogénèse et comme les limites de variations de la thermolyse sensible sont supérieures à celle de la thermogénèse, il en résulte que la température de la Souris est très labile.

CHAPITRE VIII.

Généralités des faits observés sur la Souris. Variation de leur importance avec la taille de l'homéotherme.

Nous avons vu dans les différents chapitres précédents que la Souris est susceptible d'avoir des marges (pour des variations de la température extérieure) et des latitudes (pour une même température extérieure) de thermogénèse et de thermolyse très étendues. Malgré ces possibilités la Souris se révèle comme un homéotherme imparfait et sa température corporelle est extrêmement variable et labile, variable avec la température extérieure, labile avec l'état d'agitation.

Nous avons pu dégager de notre étude sur un des plus petits représentants des homéothermes un certain nombre de faits, que nous nous proposons maintenant de rapprocher de ceux qui ont pu être établis par les différents auteurs sur des homéothermes dont la taille s'étend jusqu'à celle de l'homme.

Le champ de cette revue d'ensemble sera forcément limité, car les buts poursuivis par les différents auteurs ne sont pas les mêmes et les conditions de leurs expériences — température extérieure, agitation ou calme, état de nutrition etc... — sont extrêmement variables.

Thermogénèse minima.

La production calorique par kg.-h. des différentes espèces homéothermes est soumise à la loi des tailles quelle que soit la température extérieure. Cette loi se trouve vérifiée en particulier à la neutralité thermique, température pour laquelle l'animal présente la puissance minima compatible avec l'homéothermie.

Mais on peut aussi mesurer une autre puissance minima bien inférieure à la précédente et à laquelle l'animal est susceptible de survivre. En effet lorsqu'on anesthésie profondément les homéothermes, la fonction thermorégulatrice étant abolie plus ou moins complètement ; il en résulte une diminution des échanges à laquelle fait suite une baisse de température corporelle.

Nous avons trouvé intéressant de comparer chez les différentes espèces homéothermes, les valeurs trouvées par différents auteurs qui ont étudié la puissance thermogénétique minima compatible avec la survie.

I. — VALEUR MINIMA DE LA THERMOGÉNÈSE COMPATIBLE AVEC LA SURVIE.

Pour montrer le rôle du système nerveux central sur l'intensité du métabolisme des animaux homéothermes, RICHET cherche à éliminer en anesthésiant des chiens de poids différents (4,5 à 28 kg.). L'auteur trouve alors que le métabolisme minimum est constant quelle que soit la taille de l'animal (CO_2 kg.-h. de 0,550 à 0,643 g.). D'un autre côté A. MAYER et NICHITA étudient la puissance minima chez le Lapin et trouvent chez cet animal une valeur voisine de celle trouvée par RICHET sur le Chien. Nous avons nous-mêmes fait cette étude chez la Souris.

L'examen des valeurs obtenues pour la production calorique minima avec possibilité de survie sur des animaux de tailles et d'espèces différentes montre que le Chien, le Lapin et la Souris anesthésiés profondément semblent avoir une même puissance métabolique, leur consommation d'oxygène par kg.-h. est d'environ : 0,41 lit.. Mais la baisse de température corporelle de l'animal est différente suivant la taille, la variation est d'autant plus grande que l'animal est plus petit. Nous avons nous-mêmes constaté ce fait à l'intérieur d'une même espèce, une Souris de 23 g. baisse sa température à 21° , alors qu'une Souris de 31 g., ne la baisse qu'à 28° .

Mais peut-on conclure de ces résultats, que la puissance thermogénétique compatible avec la survie soit la même quelle que soit l'espèce homéotherme. Il semble nécessaire de faire quelques réserves à une conclusion trop hâtive. En effet a-t-on atteint réellement le minima dans ces différentes expériences ? D'autre part la thermogénèse qui correspondrait à cette valeur

minima serait voisine de 1,6 à 1,9 Calories par kg.-h. or le métabolisme basal de l'homme, c'est-à-dire la puissance minima avec maintien de l'homéothermie est déjà inférieure (0.95) à celle d'animaux dont la température corporelle est sérieusement abaissée.

Puissance minima compatible avec la survie (1).

(animaux anesthésiés profondément).

Date	Numéro de l'animal	Poids en g.	O ² en litre par kg.-h.	Q. R.	Température de l'animal Début-fin	Température extérieure
Anesthésie au Somnifène. Expérience sur le Lapin. A. MAYER et G. NICHITA.						
23/7/28...	16	3.180	0,400	0,72	30°-32°	18°
Anesthésie à l'amytal. Expérience sur la Souris. L. CHEVILLARD.						
23/12/32..	122	21,2	0,409	0,65	21°3-21°	21°
Anesthésie au Chloral. Expériences sur Chiens. RICHTER (2).						
1893.....	moyenne	28.500 et 4,500	0,388 à 0,455			

II. — VALEUR MINIMA DE LA THERMOGÉNÈSE COMPATIBLE AVEC L'HOMÉOTHERMIE.

C'est à la suite de l'étude de la loi des surfaces, que l'on a découvert l'importance d'une température extérieure particulière pour laquelle les échanges sont minima. On a ensuite étudié les conditions les meilleures pour la mesure de cette grandeur, les travaux sur cette question sont très nombreux, mais il ne semble pas encore que l'accord soit réalisé entre les différents auteurs sur la valeur de la thermogénèse minima chez les différentes espèces homéothermes.

(1) Les expériences de RICHTER sur le Chien ont eu lieu à la température du laboratoire, vraisemblablement voisine de 20°, celles de MAYER et NICHITA à 18°, les nôtres à 20°5, on est donc en droit de rapprocher ces différentes valeurs.

(2) Les valeurs données par cet auteur étant exprimées en g. de CO² par kg.-h., nous avons admis comme Q. R. moyen 0.72 pour un Chien anesthésié.

André MAYER et G. NICHITA ont montré par une étude sur le Lapin que ce minimum est bien inférieur à la valeur du métabolisme de base. On admettait jusqu'à ces derniers temps que le minimum d'échanges compatibles avec la vie normale d'un homéotherme était celui qui correspond au métabolisme de base déterminé dans les conditions suivantes : organisme à jeûn, au repos et à la neutralité thermique. Or, un travail tout récent de GÉLINEO sur le Rat montre que ce minimum est fonction de la température à laquelle a été élevé l'animal ; en effet l'animal adapté ou élevé à la neutralité thermique est susceptible de donner des valeurs de métabolisme de base bien inférieures à celles obtenues jusqu'ici, et d'après cet auteur, on peut représenter le métabolisme basal comme étant égal au métabolisme de base proprement dit + une chaleur d'adaptation thermique.

On doit donc penser comme le signalaient André MAYER et G. NICHITA dès 1929 que le métabolisme minimum qui représente le « service physiologique » est bien inférieur au minimum apparent (métabolisme de base). Si nous reprenons une partie de leurs conclusions nous voyons que « la thermogénèse comporte au moins deux mécanismes : l'un thermogénèse de couverture, permet un échauffement rapide et met en jeu des réactions musculaires ; l'autre est profond et ne permet qu'un échauffement lent ». Il y a lieu de rechercher si cette thermogénèse profonde est fixe ou au contraire si elle peut varier et sous quelles influences. Ces auteurs pensent que cette thermogénèse profonde doit pouvoir varier par suite d'une réaction prolongée au milieu extérieur. Il doit y avoir en effet une « adaptation de la thermogénèse profonde ». Cette hypothèse trouve dans les expériences de GÉLINEO une confirmation pleine et entière.

Métabolisme basal.

On avait coutume jusqu'à ces dernières années de considérer la valeur du métabolisme de base comme le minimum des échanges compatibles avec le maintien de l'homéothermie. Cette valeur proche de 1000 Calories par m² de surface et 24 heures était considérée comme une constante pour les espèces homéothermes par la plupart des auteurs qui s'étaient occupés de cette question, bien que quelques-uns déjà aient émis des hypothèses ou aient apporté des faits nouveaux qui permettent de mettre en doute l'idée générale acceptée jusqu'ici.

Nous verrons que cette question semble avoir avancé, surtout depuis que le problème — longtemps considéré sur l'homme — a été étudié sur des animaux homéothermes de différentes tailles et en particulier sur ceux de petite taille.

Avant d'aborder la discussion de ce problème, il semble utile de rappeler brièvement les faits acquis ou les opinions de quelques auteurs qui ont étudié cette question sur l'homme. Les différents facteurs susceptibles d'intervenir sont : la race, le climat et la température extérieure. A ce dernier facteur on peut rattacher l'influence des saisons et l'adaptation à une température extérieure donnée.

1° *Race*. — Dès 1893, LAPICQUE signale que les Abyssins ont un besoin alimentaire moindre que les Européens. Cette étude du besoin alimentaire reprise par RICHET et LAPICQUE montre que la ration moyenne de certaines races orientales est inférieure à la ration moyenne nécessaire à Paris. Toutefois, on ne peut pas considérer une étude faite par la seule évaluation de la consommation alimentaire comme une donnée suffisamment exacte des besoins de l'organisme, cette méthode est trop indirecte pour servir de base, elle donne le sens de la variation, mais elle n'en donne pas la mesure.

BENEDICT beaucoup plus tard constate que, d'une manière générale, les Orientaux ont un métabolisme bas ; son étude a porté, en particulier, sur les Australiens et les Chinois. L'auteur note chez de jeunes Chinoises qui sont nées et qui ont toujours vécu aux Etats-Unis un métabolisme basal plus bas que celui correspondant à la moyenne américaine. Il semble donc qu'il existe une différence dans la production calorique des différentes races.

2° *Climat*. — On s'est demandé depuis longtemps si la température moyenne du milieu où vit l'homéotherme a une action sur le niveau de son métabolisme. Y a-t-il adaptation aux conditions extérieures ? Ce problème a une importance considérable puisqu'il met en jeu celui de l'existence d'une régulation chimique des échanges indépendante de tout mouvement volontaire ou spontané. Rappelons que cette question depuis LAVOISIER a été (RICHET, RÜBNER, FRANK et VOIT, FREUD, etc...) et est encore (1) le sujet de nombreuses discussions quant à l'origine de cette régulation.

(1) Une revue d'ensemble de cette question a été donnée par Ch. KAYSER dans les *Ann. de Physiol. et Physicochim. biol.*, t. V, 1929, p. 135.

Il faut ajouter que dès 1898 WOLPERT signale l'existence d'une « seconde régulation chimique » (1) chez l'homme pour des températures extérieures supérieures à celle de la neutralité thermique. PLAUT et WILBRAND (1922) retrouvent ce phénomène chez le Chien. Enfin si les travaux d'EIJKMANN, VOLKER, BENEDICT et WILLIAMS ne font apparaître aucune baisse du métabolisme basal pour un changement de climat vers les régions tropicales ceux de KNIPPING montrent une légère baisse (160 Calories) pour des Européens séjournant dans les régions tropicales. A. OZORIO DE ALMEIDA pense que la variation de métabolisme constatée par lui chez l'homme tropical est due à l'adaptation à la température élevée. Nous nous proposons de revenir plus tard sur les causes de divergence notées chez les différents auteurs, malgré cette divergence il nous semble toutefois qu'il existe une régulation des échanges faisant suite à une variation des conditions de vie (température extérieure en particulier).

3° *Saisons.* — Si BENEDICT et GUTAFSON ne trouvent pas chez la Femme un rythme saisonnier du métabolisme, ou tout au moins dans le sens où l'on pourrait s'y attendre, PALMER, MEANS et GAMBLE trouvent un métabolisme plus bas l'été que l'hiver, de même GESSLER étudiant l'influence des saisons sur lui-même, met en évidence une variation saisonnière du métabolisme basal.

Les résultats obtenus sur les animaux homéothermes de petite taille semblent plus concordants : BENEDICT et MAC LEOD sur le Rat, BENEDICT et RIDDLE d'une part, DONTCHEFF et Ch. KAYSER d'autre part sur le Pigeon signalent une variation saisonnière.

Un des facteurs importants de l'influence des saisons est celui de la variation de la température extérieure, on peut donc rattacher à cette étude l'influence de la température extérieure sur le niveau du métabolisme basal de l'homéotherme. Ch. KAYSER (1929) signale que la production thermique chez le Pigeon varie beaucoup suivant les conditions du milieu où a vécu préalablement l'animal. Par simple adaptation, lente d'ailleurs, les échanges peuvent se réduire de 30 p. 100. J. GIAJA et S. GELINEO

(1) L'auteur a donné le nom de « seconde régulation chimique » à la régulation constatée à des températures supérieures à celle de la neutralité thermique, alors que la régulation chimique était considérée comme n'intervenant que dans la lutte contre le froid, c'est-à-dire faisant suite à un abaissement de la température extérieure au-dessous de la neutralité thermique.

(1931) opérant sur les Rats trouvent que ceux-ci « maintenus à une température ambiante supprimant la production de chaleur réglable, abaissent au bout d'un certain temps les valeurs de leur métabolisme de sommet en même temps que la zone de leur neutralité thermique se déplace de 29° - 30° à 33° - 34° ».

Dernièrement GELINEO (1934) trouve que le métabolisme basal varie de 859 à 517 Calories (m^2 -24 h.) pour un même Rat suivant que celui-ci a antérieurement séjourné à 7° ou à 31° . Nous avons nous-mêmes montré que chez la Souris, on peut par adaptation à 30° obtenir une baisse des échanges respiratoires.

Enfin OGLE et MILLS trouvent que les animaux (Lapins) adaptés à une température constante perdent à un degré considérable leur faculté de pouvoir accroître leur production calorique et par conséquent de résister au froid. Ceux adaptés à un milieu froid peuvent augmenter davantage leur production calorique dans un milieu plus froid, mais succombent à une élévation de la température extérieure plus rapidement que ceux adaptés à une température élevée. Un refroidissement de quelques heures chaque jour s'oppose à l'effet dépresseur de la chaleur et rend le métabolisme en état de répondre au refroidissement, aussi bien que l'adaptation à un milieu constamment froid.

Ainsi, la valeur du métabolisme basal dépend des conditions antérieures de vie et est en particulier fonction de la température à laquelle l'homéotherme a vécu ; ce fait semble général quelle que soit l'espèce : Homme (A. OZORIO DE ALMEIDA), Pigeon (Ch. KAYSER), Rat (J. GIAJA et S. GELINEO), Souris (L. CHEVILLARD).

La valeur de 1000 Calories par m^2 -24 heures couramment adoptée comme représentant la valeur moyenne du métabolisme des homéothermes se trouve de ce fait portée à une valeur notablement plus basse par les auteurs qui ont opéré sur des homéothermes adaptés préalablement aux conditions extérieures de mesure (neutralité thermique).

Cette remarque montre combien il est important de donner *toutes* les conditions expérimentales dans lesquelles ont lieu les mesures, ainsi que les conditions dans lesquelles les animaux ont vécu antérieurement.

Nous venons de voir que les différents auteurs qui ont étudié l'influence du climat ou des saisons sur le métabolisme ba-

sal de l'homme ne sont pas d'accord, mais qu'au contraire ils semblent reconnaître une influence notable et générale chez les animaux de petite taille (Pigeon, Rat, Souris). Nous pensons que les variations trouvées dans les résultats sont dues à la taille de l'homéotherme étudié et on peut, pour plusieurs raisons, expliquer pourquoi les variations notées sur des animaux de petite taille ont été plus importantes.

1° MARGE DE THERMOGÉNÈSE. — En effet, on sait que la *marge de thermogénèse* est d'autant plus grande que l'animal est plus petit. Il y aura donc, par passage d'une température extérieure basse ou normale à la température de la neutralité thermique une variation du métabolisme d'autant plus prononcée que l'animal est plus petit.

2° VITESSE D'ADAPTATION. — PEMBREY en 1892 a montré sur la Souris que la *rapidité de la réponse à un changement de température extérieure* ne joue pas également dans les deux sens, la réaction est immédiate pour une diminution de la température extérieure, mais pour une augmentation de celle-ci, la diminution des échanges ne s'effectue pas instantanément, l'équilibre s'établit plus lentement. On doit remarquer aussi que plus l'animal est petit, plus sa vitesse de calorification est grande (1).

Ces faits nous donnent les possibilités d'une réponse rapide à un changement de température extérieure. Si nous examinons ce qui se passe dans le temps, nous voyons avec GELINEO que chez le Rat, lors d'un changement du milieu thermique dans lequel l'animal a l'habitude de séjourner, le métabolisme de base se modifie peu à peu, pour cet animal la période d'adaptation dure 3 semaines environ. Nous avons noté sur la Souris une plus grande rapidité d'adaptation. L'homéotherme est donc susceptible d'adapter la vitesse de sa production calorifique, d'autant plus rapidement qu'il est plus petit.

3° ADAPTATION. — Remarquons encore qu'une Souris présente une *agitation* d'autant plus intense que la température

(1) Nous voyons en effet une Souris anesthésiée dont la température interne atteint 22° remonter à une température normale (37°) en 2 heures. Pour une taille plus grande, donc pour des conditions beaucoup moins défectueuses — surface relative plus petite, abaissement de température moins prononcé — le Lapin met plus de 6 heures à remonter sa température de 27 à 39°.

extérieure est plus basse : aux températures élevées elle est beaucoup plus calme, elle se blottit dans un coin. Un petit animal adapté à des températures élevées et vivant au laboratoire n'a pas à chercher sa nourriture, il est condamné au repos et Lusk a remarqué que l'inactivité prolongée entraîne une réduction du métabolisme de base. Les mêmes facteurs ne jouent pas pour l'homme qui, quel que soit le climat, exerce un métier ou une profession qui l'oblige à une certaine activité.

Donc trois causes nous permettent de dire que les effets d'un même temps court d'adaptation doivent se marquer d'une façon beaucoup plus nette sur le petit homéotherme que sur le grand : la marge de thermogénèse élevée qui entraîne une variation du métabolisme plus importante ; la rapidité de la variation de vitesse de calorification qui est inversement proportionnelle à la taille ; enfin aux températures élevées, les petits animaux de laboratoire présentent très peu d'activité, ce qui entraîne une baisse de leur métabolisme.

Ces diverses raisons permettent de s'expliquer pourquoi il n'a pas été trouvé régulièrement de variations du métabolisme chez l'homme soit par changement de climat, soit sous l'influence des saisons. En effet le métabolisme de l'homme présente peu de variations sous l'influence d'une modification de la température extérieure, une adaptation à la neutralité thermique ne modifiera donc pas sensiblement son métabolisme basal. L'adaptation à un nouveau climat (régions froides vers les régions tropicales) ne s'effectue pas rapidement et d'après A. OZORIO DE ALMEIDA les études qui n'ont pas fait apparaître de variations pour un changement de climat sont des expériences où « les organismes étudiés n'ont pas eu le temps de présenter les altérations de l'adaptation qui nous semble lente à s'établir ». L'auteur poursuit : « le métabolisme basal, lorsqu'il subit des variations, offre des variations très lentes en d'autres termes lorsqu'une cause, par son action prolongée (quantité d'aliments ingérés, différence de température du corps et du milieu extérieur, travail musculaire, surface du corps) fait varier le métabolisme basal et qu'il se fixe à un autre niveau, il y a un temps perdu considérable entre le moment de l'action de la cause et le moment où le métabolisme atteint sa nouvelle valeur... On peut voir, cependant, qu'il est possible à un habitant de climat froid de conserver son métabolisme basal dans un climat chaud, il suffit de maintenir l'intensité de son méta-

bolisme habituel à un niveau identique à celui qu'il avait antérieurement ».

Ainsi la comparaison des mesures d'échanges respiratoires effectuées sur différentes espèces homéothermes à une température extérieure déterminée, nous montre que l'on ne doit pas effectuer de mesures après un changement brusque de température extérieure ou de climat. Il est donc nécessaire d'adapter l'homéotherme à la température et au climat auxquels doivent avoir lieu les mesures, il faut également adapter l'alimentation aux besoins réels des nouvelles conditions de vie. Le temps d'adaptation est variable avec l'espèce, il est fonction de la taille. Comme l'a fait remarquer G. TEISSIER, dans une étude de similitude biologique, il faut que les mesures soient faites dans des conditions homologues, la durée d'adaptation par exemple pour la Souris ou le Rat (pour ce dernier 3 semaines) doit être bien plus petite que pour l'Homme, le Bœuf ou l'Eléphant.

Nous venons de voir une des causes susceptibles d'apporter des modifications notables dans la valeur du métabolisme basal. Il en est une autre dont l'influence est encore plus grande, c'est celle de l'état de jeûne du sujet. Il semble malheureusement, que l'on ait tendance, comme nous l'avons déjà signalé dans notre étude sur la Souris, à fixer le temps de jeûne un peu trop arbitrairement entre 12 et 24 heures, quelle que soit la taille de l'homéotherme. Nous avons montré que chez la Souris un jeûne complet de 24 heures provoque une hypothermie pouvant atteindre 3°.

Enfin la position du sujet influe considérablement sur la grandeur du métabolisme. Si les gros animaux sont plus calmes que les petits, le seul fait d'être debout représente chez eux un travail considérable en valeur absolue, est-il possible d'obtenir d'eux une position couchée ? et que signifie-t-elle si l'animal n'y est pas adapté ?

Il ne semble pas que les résultats acquis jusqu'à ce jour permettent de dresser un tableau de la valeur du métabolisme basal des différentes espèces homéothermes. L'importance du seul facteur adaptation n'ayant pas été pris suffisamment en considération jusqu'ici. Une valeur de métabolisme basal devra donc être désormais suivie des conditions de vie antérieure du sujet.

III. — VALEUR MAXIMA DE LA THERMOGÉNÈSE.

Les données que nous pouvons recueillir sur les différentes espèces homéothermes sont extrêmement limitées. On ne peut d'ailleurs jamais être certain d'avoir obtenu les limites minima et maxima. Nous choisirons les cas extrêmes obtenus sur l'homme par LEFÈVRE et les nôtres sur la Souris.

Le tableau suivant résume ces valeurs chez l'Homme.

La production calorique et la chaleur latente sont exprimées par kg.-h.

	Calories par kg.-h.		Références
	Production calorique	Thermolyse latente	
Energie physiologique (Métabolisme basal.)...	0,95	0,36 (calculée) (4)	J. LEFÈVRE (1)
Normale de repos.....	1,39	0,52	J. LEFÈVRE et A. AUGUET (2)
Travail.....	7,15	4,45	J. LEFÈVRE et A. AUGUET (3)
Refroidissement bain à 4°4 (pendant 12')	16,60		J. LEFÈVRE (1)

Ainsi, chez l'homme, la thermogénèse est susceptible d'augmenter par le travail de 650 p. 100. Par refroidissement dans un bain à 4°4 la thermogénèse augmente de 1650 p. 100.

Nous avons obtenu sur la Souris (24-25 g.) une puissance minima de 10.05 Calories par kg.-h. (Souris N° 143) et pour un animal de même poids extrêmement agité 41.90 Calories soit une augmentation de 316 p. 100.

Il semble donc qu'au fur et à mesure que la taille diminue les variations possibles de la thermogénèse diminuent (1650 p. 100 à 316 p. 100). On pourrait nous objecter que sur la Souris nous n'avons pas mesuré la thermogénèse maxima. En effet nous ne nous sommes pas placés pour le cas de la Souris dans les conditions homologues employées par LEFÈVRE sur l'homme.

(1) Traité de Chaleur animale et bioénergétique, p. 518 et 527. *C. R. Soc. Biol.*, 16 janvier 1894.

(2-3) *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, VIII, 462, IX, 1103, X, 1116.

(4) Nous avons supposé que la thermolyse latente qui correspond à l'énergie physiologique était proportionnelle au métabolisme et nous l'avons calculée d'après celle obtenue dans le cas de repos normal.

La puissance maxima ne peut être réalisée que pendant une durée limitée. Le métabolisme de sommet tel que l'a envisagé J. GIAJA doit être considéré « comme un effort extrême de l'organisme et comme tel un état physiologique plus ou moins limité dans sa durée, comparable à l'effort musculaire maximum ». Si donc le temps est limité, il doit être proportionnel à la taille de l'animal, telle mesure faite sur l'homme pendant 1 heure doit être faite par exemple sur un temps de 2 minutes pour la Souris.

Les mesures faites sur des temps courts et sur petits animaux sont extrêmement délicates, on ne peut envisager par exemple pouvoir les faire par la méthode de HALDANE.

J. GIAJA effectue des expériences sur des temps courts, et mesure la consommation d'O² dans un appareil manométrique. Cet auteur donne pour valeur du quotient métabolique (1) une valeur d'environ 4 pour la Souris. Nous sommes loin d'atteindre la valeur 17 obtenue par LEFÈVRE sur l'homme pendant une durée de 12 minutes (bain à 4°4), le temps homologue correspondant pour la Souris serait de 25 secondes. On ne peut raisonnablement envisager une mesure exacte sur un temps aussi court. Toutefois nous ne croyons pas que la Souris puisse avoir la possibilité de faire varier son métabolisme dans la proportion de 1 à 17.

Les expériences de L. et M. LAPICQUE sur les oiseaux nous en donnent une preuve, ces auteurs notent en effet que le bengali (7-8 g.) placé à 16° meurt d'inanition en mangeant toute la journée ; cet animal ne peut faire face à une déperdition calorique élevée malgré un apport incessant de nourriture.

Ce rapprochement suffit à montrer qu'exiger de la Souris une dépense de 170 Calories par kg.-h. serait la placer dans des conditions encore beaucoup plus désavantageuses que celles du bengali à 16°. On peut se rendre compte d'ailleurs que pour faire face à une telle dépense la Souris devrait absorber en valeur absolue une ration alimentaire égale au vingtième de celle de l'homme, et que pour lui permettre un tel transport d'énergie, elle devrait avoir un système circulatoire 4 à 5 fois plus développé que celui dont elle dispose.

Il semble donc que chez la Souris la puissance thermogénétique ne puisse pas avoir la même latitude de variation que chez l'homme.

(1) Quotient métabolique = $\frac{\text{métabolisme de sommet}}{\text{métabolisme minimum}}$ (non à jeûn).

Donc, en fait, lorsqu'un homéotherme a une puissance thermogénétique normale élevée (espèce de petite taille), il n'a pas la possibilité d'augmenter fortement son métabolisme, car il se trouve déjà normalement près du maximum possible.

Cette remarque peut expliquer les résultats trouvés pour l'action d'un agent hyperthermisant (dinitrophénol 1-2-4) d'une part par MAGNE, A. MAYER et PLANTEFOL sur la Souris, d'autre part par J. GIAJA et DIMITRIJEVIC sur le Rat. Ces auteurs ne constatent pas sur ces animaux injectés d'élévation de la thermogénèse si la température extérieure est de 6°.

Si, comme nous le pensons, la marge de variation de la production calorique chez les petits animaux est assez limitée, la Souris et le Rat n'ont pas la possibilité de produire beaucoup plus de chaleur ; pour une température extérieure basse une injection de dinitrophénol ne marquera pas son effet sur la thermogénèse.

En résumé, l'examen des puissances thermogénétiques maxima chez les différentes espèces montre que le maximum est fonction de la taille et est d'autant plus élevé que celle-ci est plus petite ; l'homme de 70 kg. peut produire 16.6 Calories par kg.-h. et la Souris de 24 g., 41.90 Calories par kg.-h. Comme de plus la dépense énergétique minima est beaucoup plus élevée chez un petit animal que chez un grand : 0,95 Calorie par kg.-h. pour l'homme, 10 pour la Souris, la possibilité pour un homéotherme d'élever beaucoup sa dépense énergétique est infiniment plus restreinte chez un petit animal que chez un grand.

IV. — L'EAU ÉMISE PAR ÉVAPORATION ET LE RAPPORT H_2O/O_2 A TRAVERS LES ESPÈCES HOMÉOTHERMES.

Les travaux déjà anciens de RÜBNER (1902) donnent la première indication d'une relation entre la quantité d'eau évaporée et la surface (1). Cette question fut reprise par ATWER et BENEDICT (1903), enfin J. MEYER (1925) a récemment considéré la quantité d'eau éliminée par les poumons et par la peau comme une fonction directe de la surface. Ce dernier auteur obtient pour le nourrisson, l'Homme adulte et le Cobaye à peu

(1) On trouve une étude détaillée de la question jusqu'en 1928 dans la revue de H. HELLER Die extrarenale Wasserausscheidung beim Menschen. Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde 36. 1929.

près la même valeur d'émission d'eau par unité de surface corporelle. C'est avec les travaux de BENEDICT et ROOT (1928) que la relation quantitative entre le métabolisme respiratoire et l'élimination d'eau extrarénale fut établie. A. MAYER et G. NICHITA puis Ch. KAYSER ont approfondi l'importance de l'eau émise en étudiant l'élimination d'eau en fonction des échanges et spécialement en examinant les variations du rapport H_2O/O^2 . Ch. KAYSER fait l'examen de ce rapport chez différentes espèces animales, André MAYER et NICHITA dans différents états physiologiques du Lapin. Ces derniers auteurs ont montré qu'il doit exister chez les différentes espèces une loi des tailles pour l'émission d'eau (éaporée) comme pour la consommation d'oxygène.

Nous avons montré dans le chapitre V que chez la Souris l'émission d'eau à la température de 21° varie d'un animal à l'autre comme la grandeur de la surface. Cette relation est générale et se trouve vérifiée chez les différentes espèces homéothermes. Nous avons calculé, en effet, les productions caloriques et la thermolyse latente par unité de surface (cm^2) chez l'Homme, le Lapin, le Rat et la Souris à 18° en utilisant les résultats trouvés par différents auteurs et en nous servant des valeurs de k données par J. GIAJA pour le calcul de la surface par la formule de MEEH.

Lapin $k = 9.75$, Rat $k = 8.99$, Souris $k = 7.87$.

Les valeurs utilisées pour l'Homme sont celles données par ATWATER (1), pour le Lapin celles de A. MAYER et NICHITA (2), pour le Rat celles de PEMBREY et SPRIGGS (3) enfin pour la Souris nos propres valeurs, nous pouvons ainsi dresser le tableau suivant :

Espèce	Poids en g.	Cm ² de surface par kg. d'animal	calories par kg.-h.		calories par cm ² heure	
			Ther- moge- nèse	Ther- molyse latente	Ther- moge- nèse	Ther- molyse latente
Homme.....	70,000	300	1,350	326	4,50	1,09
Lapin	3,850	622	3,280	570	5,27	0,916
Rat.....	190,9	1,565	11,500	1,530	7,34	0,977
Souris.....	20,6	2,850	28,600	2,800	10	0,978

(1) Cité par LEFÈVRE (Experiments in the metabolism 1903, p. 101).

(2) *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, T. V., 1929, p. 774.

(3) *Journ. of Physiol.*, 31-1904, p. 321.

L'émission d'eau, par unité de surface semble donc sensiblement constante pour toutes les espèces homéothermes. La valeur donnée pour l'homme a été obtenue à 20° ; les valeurs pour les autres espèces à 18° ; c'est à cette légère variation de température qu'est due la valeur légèrement supérieure pour l'homme.

Ce fait existe également à la neutralité thermique comme le montrent les valeurs obtenues sur le Lapin et la Souris.

Espèce	Poids en g.	Surface en cm ²	Cm ² de surface au kg.	Thermolyse latente à 29°	
				en cal. par kg.-h.	en cal. par cm ² -h.
Souris..... (L. CHEVILLARD)	20,6	58,8	2.850	3,730	1,30
Lapin (A. MAYER et NICHITA)	3.930	2.430	618	790	1,28

Pour une température extérieure déterminée qui peut être égale ou inférieure à celle de la neutralité thermique l'eau évaporée par unité de surface se présente comme remarquablement constante chez les différentes espèces homéothermes.

Ce résultat est tout à fait surprenant. Entre les différents points de la surface corporelle d'un animal il y a déjà des écarts de température très notables. Mais bien plus en passant d'une espèce à une autre, la forme géométrique et la nature même de la surface (épaisseur et densité de la fourrure) varient considérablement. N'oublions pas non plus que l'Homme par exemple est doté de glandes sudoripares alors que le Lapin, le Rat et la Souris en sont dépourvus. Mais d'autre part, il faut remarquer que pour des températures extérieures inférieures à celle de la neutralité thermique, la plus grande part de l'eau émise par l'animal provient de l'évaporation pulmonaire. C'est peut-être cette dernière émission d'eau qui contrebalance en partie les variations dues aux autres origines puisque, si la surface des organes est fonction de la surface corporelle, la surface des poumons (tout comme d'ailleurs la vitesse des mouvements respiratoires 18 chez l'Homme 200 chez la Souris) serait d'autant plus grande relativement que l'animal est plus petit.

La loi des surfaces nous enseigne qu'à la neutralité thermique quelle que soit l'espèce, la production calorifique est proportionnelle à la surface. Nous voyons maintenant que l'émission d'eau est, elle aussi, quelle que soit l'espèce, proportionnelle à la surface. Donc le rapport H^2O/O^2 à cette température doit être une constante à travers les espèces. Ce fait a été montré expérimentalement par Ch. KAYSER : le rapport H^2O/O^2 est voisin de 1.40 pour le Lapin, le Pigeon, le Rat et la Souris.

Mais si l'on considère une température quelconque, inférieure à celle de la neutralité thermique, le rapport H^2O/O^2 varie avec l'espèce envisagée. Nous avons en effet montré théoriquement que celui-ci est fonction du poids et est d'autant plus petit que la taille de l'animal est plus petite. Les différentes valeurs calculées d'après les résultats obtenus à 18° sur les différentes espèces sont en effet :

Pour le Lapin.....	1,00	A. MAYER et NICHITA
— Rat.....	0,80	PEMBREY et SPRINGGS
— Pigeon	0,80	Ch. KAYSER
— Souris.....	0,60	L. CHEVILLARD

Nous voyons donc qu'aux températures inférieures à celle de la neutralité thermique, la part de la thermolyse latente dans la thermolyse totale est d'autant plus faible que l'homéotherme est plus petit, il en résulte que la thermolyse sensible prend la place prépondérante.

Pour des températures supérieures à celle de la neutralité thermique le rapport H^2O/O^2 est différent suivant l'espèce envisagée et est d'autant plus grand que l'animal est plus petit comme le montre le tableau suivant :

Rapport H^2O/O^2 , Souris n° 17 (20,8 g.) à 32°5	3,03
— 41 (24,08 g.) à 32°.....	3,3
Lapin n° 22 (3890 g.) à 33°.....	2,04
— 20 (3954 g.) à 33°.....	1,87
{ — 22 (4070 g.) à 40°.....	
{ Température corporelle : 44°. 2,20	

On peut donc dire que pour les températures supérieures à celles de la neutralité thermique, la part de la thermolyse latente dans la thermolyse totale est d'autant plus grande que l'animal est plus petit ; la thermolyse latente ayant la place

prépondérante dans la thermorégulation. Mais comme l'émission d'eau par évaporation atteint son maximum d'autant plus rapidement que l'homéotherme est plus petit, il en résulte que la résistance des différentes espèces aux températures élevées est d'autant plus faible que l'animal est plus petit.

V. — TEMPÉRATURE CORPORELLE.

Si l'on s'en tient au sens exact du mot « homéotherme », on peut penser que tout animal rangé dans cette classe a une température constante. Or l'étude que nous avons entreprise sur la Souris, montre suffisamment que l'on doit donner au mot homéotherme un sens assez large pour pouvoir considérer ce dernier animal comme faisant encore partie de cette catégorie.

La fixité de la température corporelle n'est pas absolue ; on constate en effet l'existence du rythme nycthéméral. Parmi les nombreux auteurs qui ont étudié le rythme nycthéméral chez l'homme, BENEDICT et SNELL indiquent que chez un jeune homme de 19 ans les valeurs extrêmes sont de 37°5 (20 h.) et de 36°3 (5 h.). Toutefois si dans les 24 heures, la température de l'homme varie, elle est sensiblement constante à une heure fixe, à condition naturellement que la mesure soit effectuée à l'état de repos.

Si nous considérons maintenant une espèce beaucoup plus petite que l'homme et voisine de la Souris, comme le Rat, on constate au contraire que cet animal a une température extrêmement variable et labile.

En effet des travaux de UHLENHUT et KAMMERER ont montré que chez le Rat, la température corporelle est, dans une certaine mesure, fonction de la température extérieure. Ces auteurs trouvent pour des températures extérieures de 5° et 35° des températures corporelles respectives de 32°1 et 37°45.

MAC LEOD, CONGDON, GRAHAM et HUTCHINSON, BIERENS DE HAAN, KIKO GOTO... ont également étudié la température corporelle du Rat et constaté la variabilité de celle-ci. STAMMERS dit que cet animal doit être regardé comme « quelque peu poïkilotherme ». PRZIBRAM rapporte que les Rats passant d'un endroit froid à un endroit chaud ont une température du corps plus élevée que ceux vivant dans un endroit chaud, notons que cette variation existe également par passage à la température

de la neutralité thermique. C'est pourquoi F. BENEDICT recommande une adaptation préalable (24 h.) des animaux à la neutralité thermique pour la mesure du métabolisme basal.

F. LAFRANCHI étudie la température corporelle de quelques espèces animales (Rat, Cobaye, Lapin, Chat, Chien, Mouton), et note les variations de température entre 10 et 18 heures. Cet auteur calcule le pourcentage d'animaux « thermoréglés » considérés comme étant ceux dont la température n'a pas varié de plus de 0°3 par rapport à celle notée à 10 heures dans chacune des espèces, et constate que ce pourcentage est nul chez le Rat, de 5,8 chez le Cobaye, de 62,1 chez le Lapin.

GALBRAITH et SIMPSON notent au cours du rythme nycthémeral des variations de 0° 92 chez le Canard domestique et de 4°27 chez la Grive.

Il n'existe pas d'étude systématique et suivie de la température corporelle chez le Lapin, sans doute parce que l'on considère cet animal comme un homéotherme bien réglé. En fait dans un espace de quelques heures (2 à 3 heures) on ne constate jamais dans les conditions ordinaires de variations de température supérieures à 0°5 chez cet animal.

Nous avons pu noter chez la Souris en un temps de l'ordre de quelques minutes des variations pouvant atteindre 2 à 3°. Les mesures de température corporelle sur la Souris ont montré que chez la même espèce animale la labilité de température est aussi fonction de la taille.

Les productions caloriques par kg.-h. des diverses espèces homéothermes sont d'autant plus élevées que l'animal est plus petit. Et si la thermolyse ne suit pas les variations de la thermogénèse, une variation de 1° de la température corporelle sera due à une variation de la production calorique de 0,83 Cal. par kilogramme d'animal quelle que soit l'espèce envisagée (la chaleur spécifique du corps humain étant de 0.83).

Le métabolisme basal de l'homme étant voisin de 1 Calorie par kg.-h., celui de la Souris de 10 Calories nous voyons donc qu'un accroissement de 1° de la température corporelle chez ces espèces serait provoqué par une augmentation de la thermogénèse chez l'homme de 83 p. 100 et de 8.3 p. 100 chez la Souris. Donc exiger de la Souris une thermorégulation aussi exacte que celle de l'Homme serait exiger d'elle une sensibilité et une rapidité de réponse 10 fois plus rapide que celle de l'Homme et l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi.

Nous avons établi approximativement que chez la Souris

pour une température extérieure de 21°, la thermolyse ne peut déjà plus suivre des variations de la thermogénèse égales à + 85 p. 100. Un calcul du même genre chez les différentes espèces homéothermes montrerait sans aucun doute que les limites de variations de la thermolyse sont d'autant plus élevées que la taille de l'homéotherme est plus grande.

En conclusion de tout ceci nous pouvons donc dire que l'animal même adulte est d'autant mieux thermoréglé qu'il est plus lourd ; il possède en effet une surface relativement plus petite, et une masse plus grande faisant volant.

CONCLUSIONS.

La valeur de la thermogénèse minima compatible avec la survie, mais avec perte de l'homéothermie (animaux profondément anesthésiés) semble sensiblement égale chez le Chien, le Lapin et la Souris. Mais les différentes espèces ont alors une température corporelle d'autant plus basse que la taille de l'animal est plus petite.

L'étude du métabolisme basal chez l'homme fait apparaître des variations dues à la race, au climat, aux saisons. Il semble que les variations notées par les différents auteurs puissent s'expliquer par l'adaptation. Il faut toujours tenir compte de la vie antérieure du sujet étudié (alimentation, travail musculaire, différence de température du corps et du milieu extérieur). A tout métabolisme normal élevé correspond un métabolisme basal élevé. L'étude du métabolisme basal chez les petites espèces (Pigeon, Rat, Souris) permet de montrer que l'adaptation est fonction de la grandeur de la marge de thermogénèse et de la rapidité de réponse à un changement de la température extérieure.

La durée d'adaptation est fonction de la taille de l'animal et est d'autant plus courte que l'animal est plus petit.

L'étude de la puissance thermogénétique maxima montre que les petits animaux sont normalement près de leur puissance maxima, leur marge de variations est donc assez faible (Souris 300 p. 100). On peut au contraire noter des variations assez élevées (Homme 1650 p. 100) chez les homéothermes de plus grande taille qui ont un métabolisme normalement bas.

L'eau éliminée par les poumons et par la peau chez les différentes espèces, semble être une constante par unité de surfa-

ce corporelle à une température extérieure déterminée, quelle que soit la taille de l'espèce homéotherme envisagée (Homme, Lapin, Rat, Souris). Cette constance se vérifie pour des températures extérieures inférieures ou égales à celle de la neutralité thermique.

Au dessus de la neutralité thermique, l'émission d'eau atteint son maximum d'autant plus vite que l'animal est plus petit, et la résistance aux températures élevées se trouve de ce fait fonction de la taille.

L'examen des variations de la température corporelle chez les différentes espèces homéothermes, montre que la température est d'autant plus variable et labile que l'animal est plus petit. Il semble donc utile d'élargir le sens du mot homéotherme.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

I. — Variabilité de la Souris adulte.

La Souris est un animal qui n'est semblable à lui-même que pendant des durées très courtes.

Poids. — En effet, à une température extérieure de 29°, on constate au cours de la journée chez une Souris (de 25 g.), s'alimentant à volonté des variations de poids de 6 à 12 p. 100. La prise spontanée de nourriture peut atteindre 15 p. 100 du poids de l'animal.

Si l'on prive l'animal de nourriture et de boisson, son poids diminue constamment et d'autant plus rapidement que la température extérieure est plus basse, cette diminution à 21° peut atteindre 12 p. 100 (Souris de 25 g.) pendant les 24 premières heures, après 30 heures le poids diminue plus lentement jusqu'à la mort (60 à 70 heures à 21°), la perte de poids est alors de 25 p. 100 environ.

Si l'animal peut boire à volonté, la durée de survie à 21° est beaucoup plus longue (210-220 heures pour une Souris de 40 g.), et la diminution totale du poids mesurée au moment de la mort est plus grande que dans le cas précédent (49 p. 100).

On voit que les comparaisons du métabolisme de la Souris avec des animaux de même espèce ou d'une autre espèce sont rendues délicates par les variations de poids.

II. — Thermogénèse de la Souris adulte.

La thermogénèse de la Souris adulte paraît plus variable que celle des homéothermes de poids plus élevé.

a) INFLUENCE DES CONDITIONS INTERNES. — Entre la Souris demeurant immobile et la Souris se déplaçant dans sa cage, la variation de la consommation d'oxygène à 21° est d'environ 50 p. 100, si la Souris s'agite spontanément la différence peut atteindre 120 p. 100.

L'absorption spontanée de nourriture a naturellement pour effet une augmentation de la consommation d'oxygène qui peut être à 21° de 25 à 30 p. 100, la consommation d'oxygène va ensuite en diminuant et ne revient à la normale que 6 heures après, à ce moment si l'animal a la possibilité de boire la consommation d'oxygène demeure fixe à 3 p. 100 près pendant un temps assez long (120 à 130 heures pour une Souris dont le poids normal est de 40 g.).

Il y a donc là, une période pendant laquelle le métabolisme est relativement constant et qui peut servir de période de références.

b) INFLUENCE DES CONDITIONS EXTÉRIEURES. — La consommation d'oxygène dépend de la température extérieure, par passage de 30 à 5°, la consommation augmente de 1 à 3.4 (Souris de 20 g.), au delà de 30° la consommation croît à nouveau.

La consommation d'oxygène dépend de la pression d'oxygène de l'air que respire la Souris, la consommation baisse dès que la pression diminue, pour une concentration de 8 p. 100 la diminution atteint 50 p. 100. Au retour à l'air normal, on note une consommation supplémentaire d'oxygène qui peut, dans certains cas, être sensiblement égale à la dette d'oxygène.

La réaction de la Souris n'est pas constante aux concentrations croissantes de gaz carbonique, les animaux au jeûne semblent moins sensibles. En général on note une baisse, la consommation d'oxygène peut diminuer de 60 p. 100 pour une concentration de 14 p. 100.

c) VALEURS LIMITES DE LA THERMOGÉNÈSE. — Pour une Souris de 24 g. la thermogénèse minima avec maintien de l'homéothermie est à 30° température de la neutralité thermique, de 10 Calories par kg.-h. ou 870 Calories par m²/24 heures.

Le maximum obtenu par le mouvement à 21° est de 39.5 Calories par kg.-h.

Pour une variation de 1° de la température extérieure (entre 5 et 30°) la thermogénèse varie en moyenne de 4 p. 100 par rapport à la production calorique moyenne.

Sous l'influence soit de la température extérieure, soit du mouvement, la Souris est susceptible de modifier sa thermogénèse d'environ 300 p. 100 par rapport à la valeur minima.

A la température extérieure de 21°, sous l'influence d'agents pharmacologiques, la thermogénèse de la Souris (24 g.) peut varier de + 130 p. 100 à — 90 p. 100 par rapport à la valeur

de la thermogénèse de l'animal au repos complet (18.30 Calories par kg.-h.). Elle atteint en effet 1.9 Calorie par injection d'amytal et 41.9 Calories sous l'influence d'un hyperthermisant : dinitrophénol 1-2-4.

III. — Thermolyse de la Souris adulte.

La thermolyse latente (eau évaporée par les poumons et par la peau) suit les variations de la thermogénèse. Sous l'influence du mouvement ou de la nourriture la thermolyse latente varie plus vite que la thermogénèse.

Un animal au jeûne avec eau a une thermolyse latente sensiblement constante en valeur absolue tant que sa température corporelle reste normale.

Sous l'influence de la température extérieure la thermolyse latente peut varier de 700 p. 100, elle passe par un minimum vers 18-20°.

La Souris peut évacuer par thermolyse latente de 60 p. 100 (à 33°) à 8 p. 100 (5°) de sa production calorifique.

A 21° la thermolyse latente représente 1/8 à 1/10 de la thermolyse totale, elle a donc peu de rôle dans la thermorégulation de la Souris à cette température.

Aux basses températures (5°) la part de la thermolyse sensible (rayonnement, conduction, convection) dans la thermolyse totale est prépondérante (92 p. 100). A 33°, elle n'est plus que de 40 p. 100.

Même aux températures extérieures pour lesquelles la Souris n'atteint pas sa puissance thermogénétique maxima, la thermorégulation de la Souris se relève insuffisante, les variations de la thermogénèse dues par exemple aux seuls mouvements spontanés de l'animal ne sont plus compensées par des variations correspondantes de la thermolyse.

Sous l'influence de la température extérieure ou d'agents pharmacologiques, la thermolyse latente d'une Souris (24 g.) peut varier de + 700 à — 65 p. 100 (15.65 à 0.68 Calories par kg.-h.), la thermolyse sensible de + 105 à — 94 p. 100 (33.55 à 0.99 Calories par kg.-h.) par rapport à celles d'un animal au repos complet.

IV. — Température de la Souris adulte. Sa labilité.

a) INFLUENCE DES CONDITIONS INTERNES. — La température corporelle de la Souris subit des variations presque instantanées qui sont principalement dues à l'état d'agitation de l'animal. On peut noter chez la même Souris des variations de $1^{\circ}5$ en 3 minutes et $3^{\circ}6$ sur un temps plus long. Un jeûne complet de 24 heures place la Souris en hypothermie notable en moyenne de 3° pour une température extérieure de 29° .

b) INFLUENCE DES CONDITIONS EXTÉRIEURES. — La température corporelle de la Souris présente un rythme nycthémeral, la variation maxima moyenne est de $1^{\circ}8$ à 2° pour un animal calme à la température extérieure de 17° .

La température corporelle dépend de la température extérieure, elle augmente en moyenne de $0^{\circ}4$ par passage de 18° à 30° .

La Souris est extrêmement sensible à toute modification du milieu extérieur : si la concentration d'oxygène de l'air qu'elle respire n'est que de 7 p. 100 — sa température baisse d'environ $11^{\circ}5$ et si la concentration de gaz carbonique est de 14 p. 100 (pour une concentration normale d'O²) on note un abaissement d'environ 10° .

On peut donc dire que la température corporelle de la Souris est essentiellement fonction de son état et du milieu extérieur. On doit donc considérer la Souris comme étant à la limite de l'homéothermie.

V. — Comparaison de la Souris et des autres homéothermes. Loi des tailles et des surfaces.

LOI DES TAILLES.

Intraspécifique. — Chez la Souris la perte de poids au cours d'un jeûne de 24 heures est relativement plus importante pour un petit animal que pour un grand.

La thermogénèse et la thermolyse latente par kg.-h. chez la Souris sont fonction de la taille de l'animal, elles sont d'autant plus grandes que l'animal est plus petit.

A 21° pour une variation du poids de 100 p. 100, la thermo-

génése par kg.-h. diminue de 32.5 p. 100 et la thermolyse latente par kg.-h. de 20.9 p. 100.

On peut donc dire que la thermogénèse et la thermolyse latente ne sont pas directement liées à la même grandeur.

Les variations de la thermogénèse et de la thermolyse latente sous l'influence de la température extérieure sont d'autant plus grandes que l'animal est plus petit. Pour une variation de 1° de la température extérieure, la thermogénèse varie de 1,2 Calorie par kg.-h. chez une Souris de 18 g. et de 0,5 Calorie pour une Souris de 31 g.

Sous l'influence d'une augmentation de la température extérieure, la Souris atteint d'autant plus rapidement sa limite de thermolyse latente qu'elle est plus petite, la résistance au chaud est donc fonction de la taille.

La température corporelle de la Souris est d'autant plus variable que l'animal est plus petit.

Interspécifique. — La puissance métabolique minima compatible avec la survie (obtenue par anesthésie profonde) semble être sensiblement la même quelle que soit la taille de l'animal (Chien, Lapin, Souris), mais la baisse de la température corporelle est d'autant plus grande que l'animal est plus petit.

La puissance thermogénétique minima (métabolisme basal), avec maintien de l'homéothermie, est susceptible d'être modifiée dans le sens d'une économie par adaptation de l'animal à la température de la neutralité thermique. La durée d'adaptation est fonction de la taille et est d'autant plus grande que l'animal est plus grand.

Les puissances thermogénétiques minima et maxima par kg.-h. des différentes espèces homéothermes sont d'autant plus grandes que l'animal est plus petit. Mais la possibilité d'élever beaucoup sa dépense énergétique est infiniment plus restreinte chez le petit animal que chez le grand (Homme de 1 à 16, Souris de 10 à 40).

Pour des températures extérieures, inférieures à celle de la neutralité thermique, la thermolyse sensible prend d'autant plus vite la place prépondérante dans la thermolyse totale que l'homéotherme est plus petit.

Au contraire au-dessus de la neutralité thermique, c'est la thermolyse latente qui joue le rôle prépondérant et d'autant plus vite que l'animal est plus petit. Comme l'émission d'eau chez le petit animal atteint son maximum plus rapidement que

chez le grand, la résistance du petit animal aux températures élevées est moins grande.

Les variations de température corporelle des diverses espèces homéothermes sont d'autant plus importantes que l'espèce est plus petite.

LOI DES SURFACES.

Intraspécifique. — Chez la Souris, pour une température extérieure de 21° la thermogénèse par unité de surface est légèrement plus élevée chez le petit animal que chez le grand. L'augmentation est de 8 p. 100 pour une diminution du poids de 75 p. 100. La loi des surfaces n'est donc par rigoureusement vérifiée à 21°.

Pour des températures inférieures à celle de la neutralité thermique, la thermolyse latente est pour une température extérieure déterminée, sensiblement constante par unité de surface quelle que soit la taille de la Souris adulte.

Interspécifique. — Cette dernière loi est vérifiée pour toutes les espèces homéothermes (Homme, Lapin, Rat, Souris).

BIBLIOGRAPHIE.

- ABDERHALDEN E. et GELHORN E. — Weiterer Beitrag zur Kenntnis der Wirkungsteigerung von Adrenalin durch Aminosäuren. *Pflüger's Arch.*, **203**, 42, 1924.
- AGREN G., WILANDER O. et E. JORPES. — Cyclic changes in the glyco-gen content of the liver and the muscles of rats and mice. *Biochem. Journ.*, **25**, 777, 1931.
- ALBITSKI — *Jahresber. für Physiol.*, **12**, 290, 1883.
- D'ARSONVAL. — Recherches de calorimétrie animale. *C. R. Soc. Biol.*, 20 décembre 1904.
- ASZODI. — Beitrag zur Kenntnis der Chemischen Wärmeregulation der Säugetiere — Ueber künstliche Erzeugte Winterschlafähnliche Zustände an Mäusen. *Biochem. Ztschr.*, **113**, 71, 1921.
- BENEDICT et H. F. ROOT. — Insensible Perspiration. Its relation to human physiology and pathology. *Arch. int. Med.*, **38**, 1, 1926.
- BENEDICT et RIDDLE. — The measurement of the basal production of pigeons II. Physiological Technique. *Journ. of Nutrition*, **1**, 497, 1929.
- BENEDICT et MAC LEOD. — The heat production of the albino rat. I. Technique, activity, control and the influence of fasting. II. Influence of environmental (temperature, age and sex, comparaison with the basal metabolism of man. *Journ. of Nutrition*. **1**, 368, 1929.
- BENEDICT, K. HORST et L. B. MENDEL. — The Heat Production of unusually large rats during prolonged fasting. *Journ. of Nutrition*. vol. III, N° 2, 1930, vol. V, N° 6, 1932.
- BENEDICT et FOX. — Der Energie Umsatz normaler und haarloser Mäuse bei verschiedener Umgebungstemperatur. *Pflüger's Arch.*, **231**, 455-482, 1933.
- BENEDICT F. G. — Der Oberflächenbestimmung verschiedener Tiergattungen. *Ergeb. der Physiol. u. exper. Pharm.*, **36**, 300, 1934.
- BERT P. — La Pression barométrique. Action de l'acide carbonique. — Rôle de l'acide carbonique dans l'asphyxie. *C. R. Soc. Biol.*, 18 oct. 1884.
- BINET L. — Traité de physiologie normale et pathologique. Masson, édit., **8**, 687-700, 1929.
- BOHNENKAMP H. et ERNST H. W. — Untersuchungen zu den Grundlagen des Energie und Stoffwechsels. I. Mitteilung über die Strahlungsverluste des Menschen. Das energistische Oberflächengesetz. *Pflüger's Arch.*, **228**, 1931.

- BRENDLE Eugène. — Gaswechsel und Körperzusammensetzung. *Pflüger's Arch.*, **226**, 108-112, 1930.
- BRODY S. — Growth and Development with Special Reference to Domestic animals. *University of Missouri. Agricultural exper. Station. Research Bulletin*, 106, and 115.
- BURCKARD, L. DONTCHEFF, Ch. KAYSER. — Le rythme nycthémeral chez le Pigeon. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **9**, 303, 1933.
- L. CHEVILLARD, F. HAMON, André MAYER et L. PLANTEFOL. — Action de l'oxygène libre sur la respiration des tissus végétaux aériens. I. Influence de la tension d'oxygène. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **6**, 464-505, 1930.
- L. CHEVILLARD. — Les échanges de la Souris blanche adulte. Influence de la taille. *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1598, 1933. — Influence de la température extérieure. *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 181, 1933.
- L. CHEVILLARD et André MAYER. — Recherches sur l'influence de la Tension d'oxygène sur les échanges gazeux des Mammifères Influence de la tension d'oxygène contenu dans l'air expiré sur les échanges de la Souris. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **11**, 1935.
- CHOSSAT. — Mémoire sur l'inanition présenté à l'Institut de France. **8**, 1843.
- CONGDON E. D. — The surroundings of the germplasm. III. The internal temperature of warm blooded animals in artificial climates. *Arch. für Entwicklungsmech. der Organ.* **33**, 1912.
- CORDIER D., MAGNE H. et André MAYER. — Anaérobiose et Intoxication carbonique. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **3**, 791-817, 1927.
- Sur le métabolisme au cours de l'asphyxie par manque d'oxygène. *Ibid.*, **6**, 615-633, 1933.
- CORDIER D. — Etude sur l'hyperglycémie asphyxique. Action de l'acide carbonique. *Ibid.*, **7**, 759-771, 1931.
- Action de l'acide carbonique sur la glycémie. Influence de l'équilibre acide-base. *Ibid.*, **10**, 1-39, 1934.
- Modifications de l'équilibre acide-base au cours des asphyxies progressives. *Ibid.*, **10**, 301-330, 1934.
- Action de l'acide carbonique sur la glycémie. Influence du système nerveux. *Ibid.*, **10**, 1135-1152, 1934.
- DAVIS J. E. et VAN DYKE H. B. — The measurement of the oxygen consumption of small animals. *Journ. of biol. Chem.*, **95**, 73, 1932.
- The oxygen consumption of fasting white Mice. *Journ. of biol. Chem.*, **100**, 1933.
- DELCOURT-BERNARD et André MAYER. — Thermorégulation dans l'air et métabolisme minimum. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **1**, 471-498, 1925.
- DONTCHEFF L. et KAYSER Ch. — Le rythme saisonnier du métabolisme de base chez le Pigeon en fonction de la température moyenne du milieu. *Ibid.*, **10**, 285-300, 1934 ; **10**, 461, 1934.
- DREYER et RAY. — *Philos. Trans. B.*, **202**, 207, 1911.

- FREDERICQ. Régulation de la température des animaux à sang chaud. *Arch. biol. belges.*, 1882.
- GASNIER et André MAYER. — Sur quelques modalités de la Thermorégulation. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **9**, 943-952, 1933.
- Recherches sur les modalités de la Thermorégulation. *Ibid.*, **10**, 147-259, 1934.
- GALBRAITH J. J. et SIMPSON S. — Temperature variation in nocturnal and other birds. *Proc. of the Physiol. Soc.*, 25 July 1903-1904, *Journ. of Physiol.*, **30**, 19.
- An investigation into the diurnal variation of the body temperature of nocturnal and other birds, and a few mammals. *Journ. of Physiol.*, **33**, 225, 1905.
- GAUTRELET. — Traité de physiologie normale et pathologique. **8**, 616-685.
- GELINEO. — Influence du milieu thermique d'adaptation sur la thermogénèse des homéothermes. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **10**, 1083-1115, 1934.
- GESSLER. — Untersuchungen über die Wärmeregulierung. *Pflüger's Arch.*, **207**, 370, 1925.
- J. GIAJA. — Le métabolisme de sommet et le quotient métabolique. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **1**, 596-627, 1925.
- GIAJA J. et MALES B. — Sur la valeur du métabolisme de base de quelques animaux en fonction de leur surface. *Ibid.*, **4**, 875-904, 1928.
- GIAJA J. — Le métabolisme de base et l'homéothermie. *Ibid.*, **4**, 905-932, 1928.
- GIAJA J. et GELINEO S. — L'hypothermie et la thermogénèse. *Arch. int. Physiol.*, **32**, 237, 1930.
- La thermogénèse aux températures inférieures à celles de la résistance homéotherme. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **7**, 152-162, 1931.
- Influence d'un séjour prolongé à une température élevée sur la puissance thermogénétique. Le métabolisme de sommet chez l'homéotherme. *Ibid.*, **7**, 163-168, 1931.
- GIAJA J. — Influence de la fatigue musculaire sur la puissance thermogénétique et la résistance au froid. *Ibid.*, **8**, 1932.
- GIAJA J., CHAHOVITCH X., et MALES B. — Sur l'abaissement de la température du Rat et de la Souris maintenus pendant un certain temps à la neutralité thermique. *C. R. Soc. Biol.*, **98**, 1155, 1933.
- GIAJA J. et GELINEO S. — Sur la résistance au froid de quelques homéothermes. *Archiv. intern. Physiol.*, **37**, 1933.
- GIAJA J. et DIMITROJEVIC. — Etude de la thermorégulation dans la fièvre. *Archiv. inter. de Pharm. et de Ther.*, **45**, 342, 1933.
- GINGLINGER A. et KAYSER Ch. — Etablissement de la thermorégulation chez les homéothermes au cours du développement. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **5**, 710-761, 1929.
- GOTO K. — Beitrag zur Kenntnis der chemischen Wärmeregulation der Säugetiere. Wärmeregulation der weisse Ratte. *Biochem. Ztschr.*, **135**, 107, 1923.
- GREENE J. A. — Measurement of daily heat production of albino Rat from the insensible water loss. *Boc. Soc. exp. Biol. Med.*, **31**, 1032, 1934.

- GREHANT. — Anesthésie des Rongeurs par l'acide carbonique. *C. R. Soc. Biol.*, 29 janvier, 52, 1887.
- HALDANE et SMITH. — *Journ. of Path. and Bacter.*, **1**, 168 et 318, 1893.
- HÉDON. — Les échanges gazeux et la dépense d'énergie minima du Chien normal. *Arch. Int. Physiol.*, **21**, 45-70, 1923.
- HELLER H. — Die extrarenale Wasserausscheidung beim Menschen. *Ergebnisse der innere Medizin und Kinderheilkunde*. Berlin, **36**, 663-751.
- HEUBNER UND SILBER. — Studien über die Prüfung antipyretischer Mittel nebst Vergleich eines optischaktiven Antipyrin derivatives mit seinem Razemat. *Arch. exper. Path. u. Pharm.*, **169**, 530, 1933.
- ISENSCHMID R. — Physiologie der Wärmeregulation. *Handbuch der Normalen und Pathologischen Physiologie*. **17**, 12.
- JACQUOT R. et André MAYER. — Polypnée thermique et teneur en eau de l'air expiré. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **11**, 153-171, 1926.
- KAYSER Ch., E. LE BRETON et G. SCHAEFFER. — Grandeur de la respiration des tissus et masse active au cours du développement des organismes. *C. R. Ac. Sc.*, **181**, 255, 1925.
- KAYSER Ch. — Régulation thermique et métabolisme de l'eau. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **4**, 644-648, 1928.
- Grandeur du métabolisme de base en fonction de la température moyenne du milieu. *C. R. Soc. Biol.*, **101**, 708, 1929.
- Contribution à l'étude du mécanisme nerveux de la régulation thermique, régulation chimique et métabolisme de l'eau. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **5**, 131-244, 1929.
- Contribution à l'étude de la régulation thermique. L'émission d'eau et le rapport H^2O/O^2 chez quelques espèces homéothermes adultes en cours de croissance. *Ibid.*, **6**, 721-744, 1930.
- KEETON R. W. — The peripheral water loss in rabbits as a factor in heat regulation. *Amer. Journ. of Physiol.*, **69**, 306, 1924.
- KNIPPING H. W. — Ueber die Wärmebilanz des Tropenbewohners. *Archiv. Schiffs. u. Tropenhyg.* **27**, 1923.
- KROOGH A. — The respiratory exchange of animals and man. *Monographies on biochemistry*. Longmans and Green. London, 1916.
- LAFON. — Recherches sur les types de croissance chez la Souris. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **10**, 1177-1194, 1934.
- LAFRANCHI F. — Osservazioni sul decorso delle temperature medie normali negli animali da esperimento. *La Nuova Veterinaria*. **11**, 1933.
- Temperature medie normali negli animali da esperimento. *Boll. soc. ital. Biol. sper.*, **8**, 197, 1933.
- LAMBERT René et TESSIER Georges. — Théorie de la Similitude Biologique. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **3**, 212-216, 1927. *C. R. Ac. Sc.*, **194**, 121, 1927.
- LANDAUER. — Ueber den Einfluss des Wassers auf die Organe. *Ung. Med. Arch.*, **3**, 1895.
- LAPICQUE L. — Etude quantitative sur le régime des Abyssins. *C. R. Soc. Biol.*, 251, 1893.

- LAPICQUE L. et M. — Consommations alimentaires d'oiseaux de grandeurs diverses en fonction de la température extérieure. *C. R. Soc. Biol.*, 289, 1909.
- Consommations alimentaires des petits oiseaux aux températures élevées. *Ibid.*, 337, 1909.
- Les échanges chez les homéothermes au repos en fonction de la grandeur corporelle et de la température extérieure. *Ibid.*, 528, 1909.
- LAPICQUE L. — Relation du poids encéphalique à la surface rétinienne dans quelques ordres de mammifères. *C. R. Ac. Sc.*, 27 Déc., 1910.
- Echanges nutritifs des animaux en fonction du poids corporel. *C. R. Ac. Sc.*, **172**, 1526, 1921.
- Le poids du cerveau et l'intelligence. *Traité de Psychologie* (George DUMAS). **1**, 73-93, 1923.
- LARGUIER DES BANCELS. — Thèse de la Faculté des Sciences, 1903.
- LAULANIÉ. — Marche des altérations de l'air dans l'asphyxie en vase clos. *Arch. de Physiol.*, **6**, 842-859, 1894.
- *Eléments de Physiologie*, 2^e édit. Paris, 570, 1905.
- *Energétique musculaire*, p. 70.
- LE BRETON et SCHAEFFER. — Remarques au sujet d'une note de E.-F. TERROINE relative aux lois qui régissent l'intensité du métabolisme chez les homéothermes. *C. R. Ac. Sc.*, **178**, 1320, 1924.
- LE BRETON et Ch. KAYSER. — La loi des tailles et la respiration des tissus *in vitro* chez les homéothermes. *C. R. Ac. Sc.*, **183**, 397, 1926.
- LE BRETON E. — Recherches sur la notion de « masse protoplasmique active ». I. Problèmes posés par la signification de la loi des surfaces. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **2**, 606-645, 1926.
- LEFÈVRE. — Chaleur animale et Bioénergétique. Masson 1911. — *Traité de physiologie normale et pathologique. Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **8**, 353-615, 1929.
- LEFÈVRE J. et AUGUET A. — Sur les courbes de variation de la déperdition et du métabolisme, en fonction de la température extérieure chez l'homéotherme au repos. Jeu des facteurs périphériques de transmission. *Ibid.*, **8**, 462-491, 1932.
- La thermorégulation du travail. Rapport et ses courbes avec celles du repos. *Ibid.*, **9**, 1103-1121, 1933.
- Les courbes thermorégulatrices et les rendements de la machine vivante dans les grandes puissances de travail. *Ibid.*, **10**, 1116, 1934.
- L'HÉRITIER Ph. — Contribution à l'étude de la croissance et du métabolisme de la Souris. *Ibid.*, **6**, 1-31, 1930.
- LOEWY A. — Der respiratorische und der Gesamtumsatz. IV. Aenderungen des Umsatzes durch äussere Einflüsse. *Handb. der Biochemie des Menschen und der Tiere*, 2^e édit., **6**, 218.
- MAGNE H. — Influence de la température extérieure sur la grandeur de la dépense d'énergie occasionnée par le travail musculaire. *C. R. Soc. Biol.*, **83**, 396, 1920.

- MAGNE H., MAYER André et PLANTEFOL L. — La mort par inhibition et l'irritation des premières voies respiratoires. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **1**, 428-443, 1925.
- Une inhibition réflexe des combustions générales. Les modifications du métabolisme qui accompagnent l'irritation des premières voies respiratoires. *Ibid.*, **2**, 27-46, 1926.
 - Recherches préliminaires sur le mécanisme de la diminution des combustions respiratoires par inhibition. *Ibid.*, **2**, 47-92, 1926.
 - Action pharmacodynamique des phénols nitrés. Un agent augmentant les oxydations cellulaires le dinitrophénol (1-2-4) Thermol. *Ibid.*, **8**, 1-50, 1932.
- MAUREL. — *C. R. Soc. Biol.*, 1889.
- MAYER André et NICHITA G. — Réchauffement et thermogénèse. *Ann. Phys. et Physicochim. biol.*, **4**, 648-650, 1928.
- Sur les échanges des homéothermes au cours du réchauffement. Contribution à l'étude du « Métabolisme minimum » et de la Thermogénèse. *Ibid.*, **5**, 11-41, 1929.
 - Métabolisme de l'eau et métabolisme minimum en fonction de la température. *Ibid.*, **5**, 521-526, 1929.
 - Sur une adaptation aux températures élevées. *Ibid.*, **5**, 609-620, 1929.
 - Sur les variations du métabolisme du Lapin après exposition au froid. Variations saisonnières du métabolisme du Lapin et modification de la fourrure. *Ibid.*, **5**, 621-632, 1929.
 - L'eau émise par vaporisation et ses rapports avec les échanges respiratoires. Le rapport H^2O/O^2 . Étude sur le Lapin. *Ibid.*, **5**, 774-841, 1929.
- MAYER André. — Le rôle de l'acide carbonique dans l'organisme. *Bul. Ac. Médecine*, 27 janvier, 1931.
- MEYER J. — La perspiration de l'eau chez le Nourrisson. *Rev. Fr. de Pédiatrie*, 409, 1925.
- OZORIO (A.) DE ALMEIDA. — Le métabolisme minimum et le métabolisme de base de l'homme tropical de race blanche. *Journ. Physiol. et Pathol. Gén.*, 713, 1920.
- OZORIO (M.) DE ALMEIDA. — *Ibid.*, **23**, 525, 1925.
- OGLE (Cordelia) et MILLS. — Animal adaptation to environmental temperature conditions. *Amer. Journ. of Physiol.*, **103**, 606, 1933.
- PALMER (W. W.), MEANS (H. H.) and GAMBLE (J.). — Basal metabolism and creatinine elimination. *Journ. of biol. Chem.*, **19**, 1914.
- PEMBREY. — On the reaction time of Mammals to changes in the temperature of their surroundings. *Journ. of Physiol.*, **15**, 401, 1894-95.
- The Development of the Power of Regulating Heat Production. *Proceed. of the Physiol. Soc.*, 1894, N° 5, *Journ. of Physiol.*, 17, 1894.
- PEMBREY et SPRIGGS. — The Influence of Fasting and Feeding upon the respiratory and nitrogenous exchange. *Journ. of Physiol.*, **31**, 321, 1904.
- PFAUNDLER M. — *Z. Kinderheik*, **14**, 119, 1916.

- PFLUGER. — Ueber Wärme und Oxydation der lebendigen Materie. *Pflüger's Arch.* 1879.
- PINCUS (G.), STERNE (G.) DE ROO et ENZMANN. — The development of temperature regulation in the mouse. *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington* **19**, 729, 1933.
- PLAUT et WILBRAND. — *Ztschr. für Biol.*, **74**, 191, 1922.
- PRZIBRAM H. — Die Umwelt des Keimplasmas. VI. Direkte Temperaturabhängigkeit der Körperwärme bei Ratten. *Arch. f. Entw. der Organ.*, **43**, 37, 1918.
- REGNAULT et REISET. — Recherches chimiques sur la respiration des animaux de diverses classes. Paris 1849. *Ann. de chimie et de phys.*, 3^e série, **26**.
- RICHEL. — *Dict. de Physiologie*. Aliments, **1**, Chaleur, **2**.
— Travaux du Laboratoire de physiologie. 1893.
- RICHEL et LANGLOIS. — Calorimétrie chez l'Homme. *Trav. du Labor.*, **1**.
- ROCHE J. — La respiration des tissus. Influence de l'excitant thermique sur la respiration in vitro de quelques tissus d'homéothermes et de poïkilothermes. *Archiv. int. Physiol.*, **26**, 5-20, 1926.
- RÜBNER. — Die Gesetzte des Energieverbrauchs bei der Ernährung **286**, 1902.
- SMUTS D. B. — Ein experimenteller Beitrag zur Berechnung der Körperfläche von Maus, Meerschweinchen und Kaninchen. *Pflüger's Arch.*, **232**, 105, 1933.
- STIER (T.J.B.). — On the temperature-regulatory function of spontaneous activity in the mouse. *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington.*, **19**, 725, 1933.
- STIGLER. — *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, **152**, 1930.
- STAMMERS A. D. — The blood count and body temperature in normal rats. *Journ. of Physiol.*, **61**, 329, 1926.
- SUMNER F. B. — The effects of atmospheric temperature upon the body temperature of Mice. *Journ. of Experim. Zoology.*, **15**, 1913.
- TERROINE et BARTHÉLEMY. — Influence de la température sur la consommation des réserves au cours de l'inanition. *Arch. Int. Physiol.*, **19**, 88-102, 1922.
- TERROINE BRECKMANN, FEUERBACH. — La composition des organismes et les problèmes généraux de la nutrition chez les homéothermes. *Arch. Int. Physiol.*, **20**, 446-485, 1923.
— La composition des organismes et les problèmes généraux de la nutrition chez les homéothermes dans les carences et surcharges diverses. *Ibid.*, **22**, 233-250, 1924.
- TERROINE et ROCHE. — La respiration des tissus. *Ibid.*, **24**, 356, 1924-25.
- TERROINE. — Une hypothèse sur la loi qui régit l'intensité du métabolisme des homéothermes. *C. R. Ac. Sc.*, **178**, 1022, 1924.
— Le métabolisme de base. *Réunion plénière de la Soc. de Biol. Masson*, 5 juin 1924.
- TERROINE E.-F., TRAUTMANN S., SCHNEIDER J. — Grandeur des échanges au cours de l'inanition chez les homéothermes et notion de masse active. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **2**, 468-487, 1926.

- TERROINE E.-F., TRAUTMANN S. — Influence de la température extérieure sur la production calorique des Homéothermes et loi des surfaces. *Ibid.*, **3**, 422-487, 1927.
- TERROINE E.-F. et L. MELON. — Influence de l'anesthésie sur la grandeur des échanges chez les homéothermes à neutralité thermique. *Ibid.*, **3**, 557-575, 1927.
- TERROINE E.-F. et G. DELPECH. — Lois des surfaces et les vertèbres poïkilothermes. *Ibid.*, **6**, 339, 1931.
- TEISSIER. — Similitude biologique et lois énergétiques du développement de RÜBNER, et indices métriques rationnels. *C. R. Soc. Biol.*, **97**, 146, 1927.
- Similitude biologique et indices biométriques rationnels *Ibid.*, **97**, 146, 1927.
- Similitude biologique et loi des surfaces, **97**, 206, 1927.
- La grandeur du métabolisme en fonction de la taille. Etude de biométrie théorique. *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, **4**, 1-26, 1928.
- Recherches sur le vieillissement et sur les lois de la mortalité. *Ibid.*, **10**, 260-284, 1934.
- TIGERSTEDT. — Das Stoffwechselminimum bei Menschen. *Arch. di. Fisiol.*, **7**, 426-434, 1907.
- Die Physiologie des Stoffwechsels in Nagels *Handbuch der Physiologie des Menschen*, **1**, 331-547.
- Die Produktion von Wärme und Wärmehaushalt. *Handb. der Vergl. Physiol.*, **3**, Winterstein.
- UHLENHUT et KAMMERER. — *Extrait des Tabulae Biologicae*, N° 1, 375.
- WOLPERT. — Einfluss der Luftbewegung auf die Wasserdampf und Kohlensäure Abgabe des Menschen. *Arch. f. Hyg.*, **33**, 206, 1898.
-

DEUXIÈME THÈSE.

Proposition donnée par la Faculté :

Rapport nucléoplasmatique.

Vu et approuvé :

Paris, le 7 Mai 1935.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Ch. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.

IMPRIMERIE M. DECLUME
LONS-LE-SAUNIER

